Untersuchungen

über die Frage

Welche Einrichtungen bestehen behufs Ueberführung der in dem Speichergewebe der Samen niedergelegten Reservestoffe in den Embryo bei der Keimung?

Inaugural-Dissertation

der

Hohen Philosophischen Facultät

der

Königlichen Friedrich-Alexander-Universität zu Erlangen

zur

Erlangung der Doctorwürde

vorgelegt

von

Wilhelm Hirsch
aus Berlin.

Mit zwei Tafeln.

Berlin 1890.

Druck von J. S. Preuss,
Jerusalemerstrasse 21.

ACAD.
LUGD. BAT.
BIBL.

Seinen

theuren Schwiegereltern

in

Liebe und Verehrung

sowie

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545809_0176

Seinem hochverehrten Lehrer

Herrn Privatdocenten

Dr. Alexander Tschirch

in

Hochachtung und Dankbarkeit

gewidmet

vom

Verfasser.

Einleitung.

Die zur Ernährung und zum Wachsthum der Pflanzen nothwendigen Stoffe werden theils aus dem Boden durch die Wurzeln, theils durch Assimilation der ergrünten Theile aus der Atmosphäre aufgenommen.

Sowohl diese durch Assimilation und Aufnahme der Pflanze zugeführten, als auch die durch den Stoffwechsel gebildeten Stoffe werden entweder sofort oder doch nach kurzer Zeit zum Auf- und Ausbau der Organe verwendet, oder sie bleiben längere Zeit an den Bildungsstätten liegen, oder sie werden gewissen Organen zugeführt und in diesen in bestimmter Form und in grosser Menge aufgespeichert, um erst in einer späteren Vegetationsperiode als Baumaterial zu dienen.

Assimilation und Verbrauch der Assimilate sind also, wie aus dem oben Angeführten hervorgeht, zeitlich von einander getrennt, indem die Bedingungen der Assimilationsthätigkeit eben andere sind, als die des Verbrauchs, der im Wachsthum seinen charakteristischsten Ausdruck findet.

Die verschiedenen Funktionen, wie Stoffaufnahme und Verbrauch werden häufig nur von einer Zelle allein besorgt, wie sich dies ja bei zahlreichen einzelligen Pflanzen (Bacterien, einzelnen Fadenalgen) findet. — Tschirch [1]) vergleicht eine derartige Zelle in Bezug auf Arbeitstheilung sehr treffend mit der Wohnung eines armen Mannes, dem nur ein Zimmer zur Verfügung steht. — In diesen einzelligen Pflanzen ist Stoffaufnahme und Verbrauch nur zeitlich von einander getrennt, indem die am Tage durch Assimilation aufgespeicherten Stoffe von denselben Zellen Nachts zur Bildung und zum Aufbau von Zellwänden verwendet werden.

Bei den Körpern der höheren Gewächse, welche eine ausserordentliche Differenzirung in ihrem Bau erkennen lassen, stellt

[1]) Tschirch. Angewandte Pflanzenanatomie pag. 2 d. Einleitung.

sich hiermit gleichzeitig eine deutlich ausgesprochene Arbeitstheilung ein, indem die einzelnen Gewebe verschiedenen Funktionen dienen. Man kann, wie Tschirch[1]) auch hier sehr zutreffend bemerkt, einen solchen Pflanzenkörper mit einem reich gegliederten, unter einheitlicher Leitung stehenden Gebäude vergleichen, dessen einzelne Flügel besonderen Zwecken dienen, und die wiederum in ihren verschiedenen Stockwerken Räume enthalten, von denen zwar oftmals mehrere neben einander liegende zu denselben Verrichtungen verwendet werden, die aber im Grossen und Ganzen sehr verschiedenen Zwecken angepasst sein können.

Die Theilung der physiologischen Arbeit findet bei den höher entwickelten Pflanzen in der Weise statt, dass die durch Assimilation der grünen chlorophyllhaltigen Organe gebildeten Stoffe anderen Geweben oder Organen zugeleitet werden, oder zu Speicherorganen wandern, sich in diesen ansammeln und während der Ruheperiode dort liegen bleiben. — Diese Organe fungiren also als Reservestoffbehälter und sind dazu bestimmt, die in ihnen aufgespeicherten Stoffe beim Wiedererwachen der Vegetation den Geweben darzubieten, welche zur Bildung neuer Gewebe und Organe dienen wie z. B. der Knospe, Wurzel und dem Cambium, wobei dann die Reservestoffbehälter entleert werden.

Während also bei den niederen Pflanzen nur eine zeitliche Trennung zwischen Aufnahme und Verbrauch zu constatiren ist, tritt bei den höher entwickelten Pflanzen gleichzeitig eine räumliche Trennung, eine Arbeitstheilung unter den Organen ein. Bei ersteren vollziehen sich die Wachsthums- und Stoffwechselprocesse ohne eine weitere Wanderung der Stoffe, während bei letzteren dieselben von den Orten der Bildung und Speicherung nach den Orten des Verbrauchs geleitet werden müssen.

Die Orte der Stoffaufspeicherung können in den Pflanzen sehr verschiedene sein; so kommt es z. B. vor, dass Holzparenchym, Markparenchym, Markstrahlengewebe als stoffaufspeichernde Organe fungiren, indem sie sich im Winter dicht mit Stärke anfüllen; ferner kann da, wo die Blätter erhalten bleiben, bei immergrünen Gewächsen, auch das Blattparenchym als Speicherorgan fungiren, ja selbst die Chlorophyllkörner werden bisweilen

---

[1]) Tschirch. Angewandte Pflanzenanatomie pag. 1 der Einleitung.

zu Speicherorganen wie z. B. bei Elodea[1]) im Winter, wo die selben sich dicht mit Stärke erfüllen.

In all diesen Fällen muss die Aufspeicherung der Stoffe als eine Nebenfunktion oder als temporärer Funktionswechsel dieser Organe betrachtet werden. Ersteres erkennt man klar und deutlich bei den stärkeführenden Bastzellen, während letzteres von dem stärkeführenden Holzparenchym, Markparenchym, Markstrahlengewebe, Blattparenchym und den Chlorophyllkörnern gesagt werden muss.

Ausser diesen hier aufgeführten Organen finden sich bei den höheren Gewächsen aber auch solche, deren Hauptfunktion es speciell ist, grössere Mengen von plastischen Baustoffen anzusammeln. Diese Gewebe werden als Speichergewebe im engeren Sinne bezeichnet.

Die Bildung solcher Gewebe wird hauptsächlich dann eintreten müssen, wenn an ein Organ grosse Ansprüche der Stoffaufspeicherung gestellt werden. Letzteres ist der Fall, wenn in einem sehr kleinen Raum grosse Mengen von Reservestoffen aufgespeichert werden sollen, ferner wenn diese aufgespeicherten Stoffe längere Zeit, z. B. während der Vegetationsruhe von den äusseren Einflüssen und Stoffwechselprocessen möglichst unbeeinflusst aufzubewahren sind.[2]) — Anforderungen dieser Art treten im besonderen Maasse an die Vermehrungsorgane der Pflanzen heran, gleichviel, ob dieselben vegetativer Natur wie Zwiebel, Knolle, Wurzel oder das Endprodukt eines Geschlechtsakts sind wie Samen und Früchte.

Eine Aufspeicherung von Baustoffen lässt sich schon bei den niederen Pflanzen in hierzu bestimmten Organen, welche den der höheren gleichwerthig sind, erkennen, so sind z. B. die Sporen, welche mit den Samen verglichen werden können, ferner die überwinternden Organe bei den Pilzen, die Sclerotien (Claviceps purp.), mit Reservestoff (Oel)[3]) dicht gefüllt.

Bei den Gefässpflanzen ist die morphologische Bedeutung der Reservestoffbehälter eine sehr verschiedene. Hier sind es entweder:

---

[1]) Tschirch. Angewandte Pflanzenanatomie S. 447.

[2]) Haberland. Physiologische Pflanzenanatomie pag. 268.

[3]) Tschirch. Angewandte Pflanzenanatomie S. 70.

a. unterirdische Organe:

Rhizome (z. B. Maranta), Ausläufer (Glycyrrhica), Wurzeln (Zuckerrübe), Stammknollen (Kartoffel), Hauptwurzelknollen (Jalappa), Nebenwurzelknollen (Salep, Aconit), Zwiebel (Scilla), Knollzwiebel (Colchicum) oder

b. oberirdische Organe:

Stämme (Sagopalme), Hypanthium (Feige), Früchte und Samen.

Im Samen findet die Stoffaufspeicherung entweder in den Cotyledonen und dem Keimling selbst statt (Phaseolus etc.), oder in einem besonderen Speichergewebe, nämlich dem Endosperm bez. Perisperm.

Das Endosperm entsteht, die Gymnospermen ausgenommen, nach der erfolgten Befruchtung aus dem Embryosackrest. — In den Fällen, wo dieses Gewebe in geringem Maasse oder garnicht vorhanden ist, übernimmt das Perisperm, welches aus dem Eikern hervorgegangen ist, die Funktion des Endosperms.

Da, wo das Endosperm bez. Perisperm stark entwickelt ist, sind die Cotyledonen meist zart und schwach, fehlt dagegen das Endosperm bez. Perisperm, so sind dieselben stark und fleischig entwickelt.

Die in den Reservestoffbehältern befindlichen Reservestoffe zerfallen in zwei grosse Gruppen, in stickstofflose und stickstoffhaltige. Zu den ersteren zählen die Kohlehydrate und fetten Oele. — Die Kohlehydrate treten meist in organisirter Form auf, wie z. B. die Stärke und Cellulose, theils im Zellsaft gelöst, wie die Zuckerarten und das Inulin. Die Fette finden sich gleichfalls in fester und flüssiger Form. — Zu den stickstoffhaltigen Reservestoffen zählen die Eiweiss- und amidartigen Körper. — Ausserdem finden sich in den Zellen der Reservestoffbehälter sehr verbreitet Glycoside und andere Körper, deren Bedeutung als Reservestoffe mehr oder weniger fraglich ist.

Wie schon oben erwähnt, ist es also ausschliesslich das Endosperm bez. Perisperm oder Cotyledonargewebe, welches im Samen zur Aufspeicherung der Stoffe dient.

Die im Cotyledonargewebe befindlichen Stoffe stehen dem Embryo unmittelbar zur Verfügung, wohingegen dies beim Endosperm bez. Perisperm nicht der Fall ist, sondern hier bedarf es

besonderer Einrichtungen, um dem Embryo die im Speichergewebe befindlichen Stoffe bei der Keimung zuzuführen, worauf sowohl Tschirch[1]) in seiner angewandten Pflanzenanatomie, wie auch Haberlandt[2]) in seiner physiologischen Pflanzenanatomie hinwiesen.

Diese Einrichtungen nun näher zu studiren, habe ich auf Vorschlag des Herrn Dr. Tschirch unternommen.

Um ein vollständiges Bild des Baues des Endosperms bez. Perispermgewebes und der zwecks Leitung des im Endosperm aufgespeicherten Materials, zum Embryo hin, getroffenen Einrichtungen zu entwerfen, musste festgestellt werden:

a. Die Struktur des Endosperm bez. Perispermgewebes.
b. Die Lage und Anordnung der Zellen in diesen Geweben dem Embryo gegenüber.
c. Die Beschaffenheit der Zellwände der Albumenzellen.
d. Die Struktur des oberflächlichen Embryonalgewebes.
e. Ferner war zu constatiren, ob der Bau des Endospermgewebes nur aus wachsthumsmechanischen Ursachen zu erklären ist, oder ob derselbe von physiologischen Bauprincipien beherrscht wird.

Daraufhin habe ich eine Anzahl von Samen untersucht und zwecks übersichtlicher Anordnung des Stoffes die unter a. b. c. d. angedeuteten Punkte des Themas im ersten Theil der Arbeit abgehandelt, während Punkt e. im zweiten Theile seine Erledigung findet.

Die von mir untersuchten, die verschiedenen Typen der Embryolagerung repräsentirenden Samen sind folgende: Foeniculum officinale, Anthriscus silvestris, Carum Carvi, Prangos Ferula, Berberis vulgaris, Nigella sativa, Helleborus niger, Colchicum autumn., Sabadilla officinalis, Scilla maritima, Smilacina stellata, Lilium Martagon, Frittillaria imperialis, Coffea arabica, Piper nigrum, Fagopyrum esculentum, Rumex olympiacus, Lonicera Caprifolium, Agrostemma Githago, Plantago Psyllium, Capsicum annuum, Datura Stramonium, Canna indica, Zea Mais.

---

[1]) Tschirch. Angewandte Pflanzenanatomie pag. 457.
[2]) Haberlandt. Physiologische Pflanzenanatomie pag. 288.

I. Theil.

§ 1.

Samen mit Streckung der Albumenzellen.

Foeniculum officinale.

Um die Struktur des Endosperms, sowie die Lage und Anordnung der Zellen dem Embryo gegenüber klar zu legen, fertigte ich succedane Querschnitte, vom Würzelchen an beginnend, von denen einige zur Erläuterung des Textes auf Tafel I (Fig. 1, 2, 3) abgebildet sind.

Die ersten aus der Embryonalzone befindlichen Querschnitte lassen ein deutliches, um den Embryo strahlenförmig angeordnetes Zellgewebe erkennen, in dessen Mitte der Embryo liegt. Die Zellen dieses Gewebes erscheinen abgeplattet und längsgestreckt.[1]) Letztere verlaufen aber nicht in derselben Form und Verbindung bis zum Embryo, sondern gehen, bevor derselbe erreicht wird, in ein anders gestaltetes, hell erscheinendes Gewebe mit mehr oder weniger abgerundeten Zellen über. Dieses helle Gewebe liegt dem Embryo entweder an, oder es zeigt sich auch häufig zwischen beiden ein Zwischenraum, in welchen einzelne öfters aus dem Verbande gelockerte Zellen hineinragen (Taf. II. Fig. 56). Die über dem Embryo durch den Samen geführten Querschnitte zeigten hier in der Mitte wieder das helle Gewebe, dessen Zellen eine geringere Abrundung besassen, isodiametrisch waren und dichter aneinander lagen, während die von der Peripherie kommenden Endospermzellen dieselbe strahlige Anordnung und Streckung gegen das Centrum hin, wie oben, wahrnehmen liessen. (Taf. II. Fig. 57.) — An einem, an der äussersten Basis des Samens gemachten Querschnitt war weder das helle Gewebe in der Mitte noch eine hervortretende Streckung der Zellen zu erkennen. — Zur weiteren Orientirung führte ich noch tangentiale und mediane Längsschnitte aus (Taf. I. Fig. 4). — Hier waren es besonders die durch die Mitte des Samens geführten Schnitte, welche instruktive Bilder gaben.

An der Spitze des Samens befindet sich der Embryo, um denselben markirt sich an beiden Seiten deutlich das hellerscheinende Gewebe, welches über dem Embryo, einen Hohlraum

[1]) Vergl. Haberlandt. Physiologische Pflanzenanatomie pag. 288.

bildend, zusammenstösst und sich von hier aus mitten durch den Samen fast bis zur Basis desselben hinzieht. In dem Hohlraum über dem Embryo waren Zellfragmente wie einzelne aus dem Verbande gelockerte frei liegende Zellen zu bemerken. — Die übrigen von der Peripherie kommenden, mehr oder weniger gestreckten Endospermzellen zeigten auch hier wieder die strahlige Anordnung zum Embryo und dem hellen Gewebe hin. — Andre, aus der äusseren Partie des Samens erhaltene Längsschnitte liessen nur das helle Gewebe erkennen, um welches die anderen Endospermzellen wie vorher angeordnet waren.

In den aus der äussersten Peripherie des Samens entnommenen Längsschnitten war weder das helle Gewebe noch eine besondere Streckung oder Anordnung der Zellen bemerkbar.

Das um den Embryo befindliche, die Mitte des Samens durchziehende, auf dem Quer- und Längsschnitte wahrnehmbare, meist hellere Gewebe erregte im besonderen Grade meine Aufmerksamkeit. Bei näherer Prüfung desselben ergab sich, dass hier die Zellen in einem äusserst lockeren Verbande standen, wodurch sich die mehr oder weniger abgerundete Form erklären liess. Aber nicht nur die Form seiner Zellen, sondern auch die Beschaffenheit der Zellmembranen und des Zellinhalts liessen eine Verschiedenheit den übrigen Endospermzellen gegenüber erkennen. Letzteres erwies sich durch die an diesem Gewebe angestellten Reactionen, welche ich nach Beschreibung der hierbei angewendeten Reagentien folgen lasse.

Als Reagens benutzte ich:

a. Eine wässrige Chlorzinkjodlösung, bereitet durch Herstellung einer Zinkchloridlösung von spec. Gew. 1,8, Auflösen von 6 Thl. Jodkalium in 100 Thl. dieser Lösung und Hinzufügen von Jod. Dieses Gemisch liess ich 48 Stunden an einem dunklen Ort vor Licht geschützt unter öfterem Umschütteln stehen.

b. eine alkoholische Chlorzinkjodlösung. Die Bereitung dieser Lösung geschah in derselben Weise, nur mit dem Unterschied, dass das Jod nicht in Substanz zur wässrigen Chlorzinklösung, sondern als frisch bereitete alkoholische Lösung im Verhältniss 1 : 10 zugesetzt wurde, bis eine gleiche, braune Färbung erzielt war, wie sie die unter *a* beschriebene Lösung zeigte.

c. eine alkoholische und wässrige Zinkchloridjodlösung ohne Zusatz von Jodkalium, deren Bereitungsweise sonst den oben beschriebenen Lösungen entspricht.

Eine alkoholische Jodlösung benutzte ich, weil durch Vorversuche festgestellt wurde, dass die mit derselben ausgeführten Reactionen weit intensiver und andauernder waren, als die mit der wässrigen.

Bei der nun folgenden Behandlung der Schnitte mittelst dieser Reagentien treten die im Nachstehenden angegebenen Erscheinungen auf.

Durch die wässrige Zinkchloridjodlösung wurden die Membranen des hellen, dicht um den Embryo befindlichen Gewebes, aus welchem der Embryo zwecks schärferer Erkennung der Reaction herausgelöst war, blau gefärbt, während die Membranen des übrigen Endospermgewebes farblos blieben. Nur wenn ein Schnitt sehr lange Zeit in der wässrigen Lösung gelegen, nahm man auch an diesen Membranen eine schwach violette Färbung wahr. Der Inhalt des hellen Gewebes färbte sich bis auf einige in Auflösung begriffene Plasmamassen und einzelne Stärkekörnchen, welche, durch das Reagens aufgequollen, eine blaue Farbe annahmen, nicht; er bestand im Wesentlichen aus fettem Oel. Der Inhalt des übrigen Endospermgewebes bestand aus homogenem, fettreichem Protoplasma, in welchem ein Krystalloid enthaltende Proteinkörner eingelagert waren, während Stärke nicht nachgewiesen werden konnte.

Dieselbe Reaction brachte das alkoholische Reagens hervor, nur war die Blaufärbung der Zellmembranen des collabirten Gewebes eine intensivere, weshalb ich demselben bei allen folgenden Reaktionen den Vorrang einräumte. Gleichzeitig ist noch zu bemerken, dass eine Blaufärbung der Membranen bei Anwendung der Zinkchloridjodlösung auch in der Samenschale auftrat. — Durch die letztere Erscheinung war es nicht unwahrscheinlich gemacht, dass die an den Membranen des hellen Gewebes beobachtete Reaction nur auf eine Cellulosereaction zurückzuführen sei.

Zwecks näherer Untersuchung dieser Voraussetzung und besonders, um zu erfahren, welcher in dem angewandten Reagens befindliche Körper es ist, der diese Blaufärbung hervorbrachte, verfuhr ich in folgender Weise:

Ich behandelte die Schnitte einzeln mit Zinkchloridlösung von spec. Gewicht 1,8, dann mit Jodkaliumlösung, mit Jodwasser und Jodalcohol und endlich mit den unter c angeführten Lösungen. — In all diesen Fällen konnte niemals eine Blaufärbung der Zellmembranen des collabirten Gewebes erreicht werden. — Hierdurch wurde constatirt, dass der die Blaufärbung verursachende Körper ein Zersetzungsproduct sein musste, welches sich beim Zusammenbringen der Zinkchloridlösung mit Jodkalium und Jod bildete, dass dieser Körper durch Zersetzung des Jodkaliums gebildet werden musste, da ja die unter c beschriebenen, ohne Jodkalium bereiteten Lösungen, die Zellmembranen ebenfalls farblos liessen, und da auch die Blaufärbung der Membranen des collabirten Gewebes mit der unter a beschriebenen wässrigen Lösung hervorgerufen wurde. Die in dieser Lösung gebildeten Zersetzungsprodukte konnten aber nur aus jodsaurem Kali resp. Jodwasserstoffsäure bestehen, und musste einer dieser Körper die Ursache der Blaufärbung sein. — Zur Constatirung versetzte ich sowohl die wässrigen, als auch die alkoholischen unter c angeführten, ohne Jodkalium bereiteten Lösungen, mit etwas Jodwasserstoffsäure und behandelte hiermit einen Querschnitt. Es trat sofort eine Blaufärbung der Zellmembranen des collabirten Gewebes ein. Dieselben Lösungen, mit jodsaurem Kali oder freier Jodsäure versetzt, ergaben ein negatives Resultat. — Jodwasserstoffsäure, welche etwas freies Jod enthielt, brachte nur eine sehr schwache, kaum nennenswerthe violette Färbung hervor, wohingegen Jodwasserstoffsäure, etwas freies Jod enthaltend, in Verbindung mit Zinkchloridlösung von Syrupdicke eine starke, intensiv blaue Färbung der Zellmembranen verursachte.

Die Zersetzung des Jodkaliums wird wohl nur durch die syrupdicke Zinkchloridlösung hervorgebracht, welche stets stark sauer reagirt und wohl noch Spuren von Chlorwasserstoffsäure enthält.

Aus diesen Versuchen und Erörterungen geht hervor, dass die Blaufärbung der Membranen des collabirten Gewebes auf die Einwirkung der freies Jod enthaltenden Jodwasserstoffsäure in Verbindung mit Zinkchlorid zurückzuführen ist und als eine einfache Cellulosereaction betrachtet werden muss.

Eine andere interessante Frage trat aber gleichfalls bei den, mit den unter a und b bezeichneten Lösungen erhaltenen

Reactionen, in den Vordergrund, und zwar die „wodurch wurde die in den Membranen des collabirten Zellgewebes in Erscheinung tretende Reaction in den Membranen des übrigen Endospermgewebes verhindert?“

Wurden die Schnitte vorher mit Kalilauge behandelt, so trat an sämmtlichen Endospermzellmembranen die Cellulosereaktion intensiv und deutlich auf. Es war nicht ausgeschlossen, dass die Cellulose-Reaction mittelst Zinkchloridjodlösung durch etwa in den Zellwänden vorhandenes Eiweiss verhindert wurde.

Mulder[1]) war es, welcher zuerst Versuche machte, in Zellmembranen Eiweiss nachzuweisen, und durch Wiesner[2]) wurde schon im Jahre 1864 sehr wahrscheinlich gemacht, dass in den Zellmembranen Eiweiss vorkommt. Dippel[3]) und Solla[4]) fanden im Gegensatz zu Schacht, dass die jungen Zellen der Phaneorganen die Zellstoffreaction nicht zeigten, und durch eine auf Veranlassung des Herrn Professor Wiesner unternommene Arbeit K. Richter's[5]) wurde es sehr nahe gelegt, dass die Pilzzellhäute ihres Eiweissgehaltes wegen der Cellulosereaction so schwer zugänglich sind.

Wiesner[6]) selbt konnte in Vegetationsspitzen, Cambium und Phellogen das Eiweiss indirekt (Eintreten der Cellulosereaction nach Peptonisirung) und direkt (Farbenreaktion) nachweisen. — Zur Ausführung der Eiweissreactionen wandte ich die auch von F. Krasser[7]) benutzte Methode mittelst Millon'schen Reagens und die von demselben entdeckte Alloxanreaction an, welch beide in ihrer Combination das Vorhandensein von Eiweiss wahrscheinlicher machten.

Bevor ich das Millon'sche Reagens, welches frisch nach der

---

[1]) Versuch einer allgemeinen Physiologie von G. Mulder. II. Aufl. besorgt von Dr. H. Kolbe, Braunschweig, 1844—51. Vergl. besonders pp. 441—508.

[2]) Ueber Zerstörung der Hölzer an der Atmosphäre. Sitzb. d. Kais. Akad. d. Wiss. zu Wien m. n. A. 1864. Bd. XLIX pag. 32.

[3]) Das Mikroscop II. pp. 7, 8, 49, 230.

[4]) Oesterreich. bot. Ztg. 1879. pag. 351.

[5]) Beiträge zur genauen Kenntniss der chemischen Beschaffenheit der Zellmembranen der Pilze. Sitzb. d. Kais. Akad. d. Wiss. zu Wien m. n. A. LXXXIII Bd. Abth. 1. Jahrgang 1881. Maiheft pag. 13.

[6]) Organisation der vegetabilischen Zellhaut pag. 42. S. Abh.

[7]) Sitzb. d. Akad. d. Wiss. z. Wien. Bd. 93. Jahrgang 1886.

von Hartig angegebenen Methode bereitet war, anwandte, überzeugte ich mich, dass keine anderen Körper wie Vanillin und Tyrosin, welche störend auf die Reaction einwirken, vorhanden waren. Zu dem Zwecke behandelte ich einzelne Schnitte mit Phloroglucin und Salzsäure, wobei ich eine schwache Verholzung der Mittellamelle in den Zellmembranen constatiren konnte. Zur Entfernung dieser Körper, welche mit dem Millon'schen Reagens gleichzeitig eine Rothfärbung geben, kochte ich die frischen Schnitte mit Wasser aus und befreite sie dann soviel wie möglich von Wasser, um die Bildung basischer Quecksilbersalze zu verhindern. Die Membranen zeigten nach längerer Einwirkung des Reagens eine schöne, deutlich hervortretende Rosafärbung, welche auf Gegenwart von Eiweiss schliessen liess. Die mit concentrirter wässriger Alloxanlösung angestellte Reaction trat auch, aber in nicht so auffallender Weise durch Rothfärbung der Membranen ein, wohingegen wieder die Raspail'sche[1]) Reaction recht deutlich war.

Nach diesen hier ausgeführten Reactionen war es nicht unwahrscheinlich, dass auch hier in dem übrigen Endospermgewebe die Cellulosereaction in den Zellmembranen durch vorhandenes Eiweiss verhindert wurde.

Die Zellwände des Endosperms liessen keine Tüpfelung erkennen; die des collabirten Gewebes waren schwächer als die des übrigen Endosperms und zeigten, mit Kali behandelt, eine starke Schwellbarkeit.

Es war nun noch zu untersuchen, welche besondere Struktur dem oberflächlichen Embryonalgewebe zukam; ob dasselbe etwa eigenthümliche Organe zur Aufsaugung der Nahrung erkennen liess, wie dies bei den Saugorganen der Dattel, dem Mais, Waizen u. a. bekannt ist. Es konnte weder an dem Würzelchen, noch den Cotyledonen irgend welche besondere Eigenthümlichkeit des Epidermalgewebes constatirt werden; die äusserst schwach gestreckten Epidermiszellen zeigten die Gestalt und Beschaffenheit gewöhnlicher Epidermiszellen; obgleich dieselben im ruhenden Samen eine schwache Differenzirung eines zarten Häutchens wahrnehmen liessen, so konnte doch keine Cuticularisirung desselben nachgewiesen werden, denn bei Behandlung mit Schwefelsäure löste sich dasselbe vollkommen auf. —

[1]) Nouveau système de Chemie organique. Paris 1833.

Zur weiteren Orientirung brachte ich nun mehrere Samen zur Keimung, um zu ermitteln, wie sich in den verschiedenen aufeinanderfolgenden Keimungsstadien das hellere Gewebe verhält, und welche besonderen auf meinen Fall sich beziehende Veränderungen in dem Samen vor sich gehen.

In den ersten Keimungsstadien bemerkte man ein Aufquellen der Zellmembranen des collabirten Gewebes, welches sich dicht der Epidermis des Embryo anlegte. Der über dem Embryo befindliche Theil desselben, in der Mitte des Samens, zeigte nach und nach eine stärkere Collabirung und löste sich auf. In dem Maasse, wie die Auflösung oberhalb des Embryo vor sich ging, wuchsen die Cotyledonen in den ihnen geschaffenen, mit einer schleimigen Flüssigkeit gefüllten Raum hinein und schmiegten sich dem stark in Quellung gerathenen Gewebe dicht an. (Taf. I. Fig. 5). Von letzterem aus vollzog sich nun die Auflösung des Endosperminhalts in centrifugaler Richtung. Die aufgelösten Stoffe wanderten, von dem stets an Umfang zunehmenden collabirten Gewebe aufgesogen, in der Richtung zum Embryo und wurden hier von den Cotyledonen aufgenommen. Die letzteren ergrünten während dessen bereits in der Samenschale, und das die Epidermis derselben bedeckende Häutchen zeigte zu dieser Zeit eine schwache, aber deutliche Cuticularisirung. Sobald die Cotyledonen die Spitze des Samens erreicht, treten sie mit ihrer Basis hervor und heben die Samenschale mit dem noch darin befindlichen Rest des Endospermgewebes, welches durch die Cotyledonarspitzen bis zur Entleerung ausgesogen wird, wie eine Kappe in die Höhe, bis auch endlich diese von den Cotyledonen abgeworfen wird. — Querschnitte des keimenden Samens mit Zinkchloridjodlösung behandelt, zeigten bald eine stärkere, bald schwächere Blaufärbung der Membranen des collabirten Gewebes, während der Zellinhalt desselben durch das Reagens blaugefärbte, kleine transitorische Stärkekörnchen erkennen liess. — Die herausgetretenen Cotyledonen waren vollständig ergrünt und das die Epidermiszellen bedeckende Häutchen erwies sich stark cuticularisirt. Während die Epidermiszellen der Cotyledonen, so lange diese im Samen stecken, stets stark mit Plasma gefüllt waren, zeigten sie sich jetzt vollkommen entleert. — Die verschiedene Funktion der Cotyledonen ist während dieser Keimungsvorgänge klar zu erkennen. So lange sie sich im Samen

befinden, dienen sie durch Aufnahme der Stoffe zur Ernährung des Embryo, weshalb ihre Epidermiszellen stets einen starken Plasmagehalt zeigen. Nachdem sie ergrünt sind und die Samenschale abgeworfen haben, assimiliren sie, und bewirken dadurch die Ernährung und das Wachsthum der Pflanze, während die entleerten Epidermiszellen hier die Funktion des Schutzes übernehmen.

Nach diesen im ruhenden wie keimenden Samen gemachten Beobachtungen kam ich zu folgenden Schlüssen:

1. Das um den Embryo befindliche, helle, stark aufgequollene Gewebe vertritt hier bei der Keimung die Funktion eines Saugorganes, indem es in dem aufgequollenen Zustande eine dichte Verbindung der Epidermiszellen des Embryo mit dem übrigen Endospermgewebe vermittelt und die aufgelösten Stoffe aus demselben aufnehmend, dem Embryo zuführt.

2. Der durch Auflösung des um und über dem Embryo befindlichen, theils collabirten, theils intakten, aus isodiametrischen Zellen bestehenden, die Mitte des Samens einnehmenden Gewebes gebildete Spalt dient dazu, den Cotyledonen Raum zum Wachsthum zu schaffen und die Aufnahme der Nährstoffe zu vermitteln und zu beschleunigen.

3. war es nicht unwahrscheinlich, dass die radiale Anordnung, die mehr oder weniger gestreckte Form der Endospermzellen gegen den central gelegenen Embryo hin in einer ernährungsphysiologischen Bedeutung zu letzterem steht, indem die bei der Keimung aufgelösten Stoffe des Endosperms die von den Zellzügen vorgezeichneten Bahnen wandern und von dem collabirten, dicht um den Erbryo befindlichen, stark in Quellung begriffenen Gewebe, diesem zugeführt werden.

Die Untersuchung von Anthriscus silvestris, Carum Carvi und Prangos ferula führte, abgesehen von unwesentlichen Unterschieden, zu demselben Resultat.

Berberis vulgaris.

Zur Orientirung über Struktur des Endospermgewebes, sowie über Lage und Anordnung der Zellen dem Embryo gegenüber, verfuhr ich wie bei Foeniculum, indem ich succedane Quer- und Längsschnitte ausführte.

Die aus der Embryonalzone des Samens erhaltenen Querschnitte zeigten in der Mitte den Embryo wieder von einem

collabirten Gewebe umgeben, gegen welches die von der Peripherie des Samens kommenden gestreckten Zellen radienartig angeordnet waren (Taf. I. Fig. 6). Nach dem Mittelpunkt zu nahm die Streckung der Zellen ab, dieselben waren hier von mehr oder weniger abgerundeter Form und gingen schliesslich in das collabirte Gewebe über, welches den Embryo umgab. Im oberen Theil des Samens war, wie aus weiteren Querschnitten zu ersehen, ein Spalt, der von dem collabirten Gewebe umgeben ist und gegen den die übrigen Endospermzellen dieselbe Anordnung wie oben zeigten. — Die durch die Spitze des Samens geführten Querschnitte zeigten weder den Spalt, noch Streckung oder eine besondere Anordnung der Zellen.

Die durch die Mitte des Samens geführten Längsschnitte führten auch hier wieder zu den instruktivsten Bildern. (Taf. I. Fig. 7.) Der Embryo durchzog fast der ganzen Länge nach die Mitte des Samens und liess eine deutliche Differenzirung in Axe und Cotyledonen erkennen; an denselben grenzte wieder das collabirte Gewebe, welches auch den über den Cotyledonen befindlichen Spalt umgab. Auch in diesen Schnitten war die radienartige Anordnung gegen den central liegenden Embryo, sowie gegen den Spalt hin deutlich zu erkennen.

Die Zellen des intakten Endospermgewebes besassen ziemlich dicke Wandungen, während die Zellmembranen des collabirten Gewebes dünner waren. Erstere waren abgeplattet, letztere mehr oder weniger abgerundet. Der Inhalt bestand der Hauptsache nach aus Aleuron und Fett.

Das Verhalten der Zellmembranen gegen Reagentien war dasselbe wie bei Foeniculum. Zum Nachweise des Eiweisses in den Membranen mittelst des Millon'schen Reagens war es gut, die Schnitte mit Wasser auszukochen und mit dem Reagens sehr schwach zu erwärmen. Die Membranen des collabirten Gewebes mit Kalilauge behandelt, quollen sehr stark auf.

Das oberflächliche Embryonalgewebe liess auch hier keinen Unterschied von dem des Fenchelsamen erkennen. Das sowohl um Würzelchen und Cotyledonen deutlich differenzirte Häutchen erwies sich wohl resistenter gegen Schwefelsäure, wurde aber doch nach längerer Zeit für das Auge unsichtbar.

Die Keimungsvorgänge waren dieselben wie bei Foeniculum; auch hier dringen die Cotyledonen in den durch Auflösung des

collabirten Gewebes gebildeten Spalt, legen sich wie dort dem stark aufgequollenen Gewebe dicht an, um mittelst desselben die im übrigen Endosperm in Lösung gehenden Stoffe aufzunehmen. Streckung, als auch radiale Anordnung der Zellen gegen den central gelegenen Embryo hin machten es auch hier wahrscheinlich, dass die bei der Keimung aufgelösten Stoffe, die von den Zellzügen angedeuteten, gleichzeitig kürzesten Bahnen zum Embryo hin wandern.

Nigella sativa.

Die succedanen durch den Samen geführten Querschnitte zeigten zuerst in der Mitte das Embryowürzelchen, um welches herum sich wieder das collabirte, in lockerem Zusammenhange befindliche Gewebe, dessen Zellen theils abgerundet, theils zusammengedrückt und mehr oder weniger inhaltslos waren, bemerkbar machte. Die dies Gewebe in der unteren Embryonalzone umgebenden Endospermzellen waren isodiametrisch ohne hervortretende Streckung. (Taf. I. Fig. 8.) Die aus der Cotyledonarzone und über derselben erhaltenen Querschnitte zeigten eine deutlich strahlige Anordnung, sowie eine klar hervortretende, nach der Mitte des Samens zu abnehmende Streckung der Endospermzellen gegen den Embryo wie gegen das bis fast zur Spitze des Samens sichtbare helle Gewebe. (Taf. I. Fig. 9.) Die äussersten Querschnitte bestanden nur aus parenchymatischem Zellgewebe.

An den Längsschnitten (Taf. I. Fig. 10) sah man, dass um den Axentheil des Embryos die Endospermzellen undeutlich radial angeordnet waren und keine Streckung zeigten, wohl aber war dieselbe in der Cotyledonarzone und dem darüber befindlichen Theil des Samens deutlich zu erkennen. In letzterem waren die von der Peripherie des Samens kommenden Zellen in gestreckter Form gegen das in der Mitte befindliche, zum Theil mehr oder weniger collabirte Gewebe gerichtet.

Die Reaction mit Zinkchloridjodlösung trat in den Membranen des collabirten Gewebes bedeutend schwächer auf wie bei den vorigen Samen, dagegen zeigten dieselben bei Behandlung mit Millon'schen Reagens eine schwache Rosafärbung. — Die Wandungen der Endospermzellen waren nicht besonders stark, der Inhalt bestand der Hauptsache nach aus Aleuron und Fett.

Die Keimung des Samens fand in derselben Weise wie bei

Foeniculum statt; auch hier dringen die Cotyledonen in den durch Auflösung des hellen Gewebes gebildeten Spalt, legen sich dem stark aufgequollenen Gewebe an, um die aufgelösten Stoffe des übrigen Endosperms aus demselben aufzunehmen. Die Samenschale wurde mit dem Endospermrest von den Cotyledonarspitzen in die Höhe gehoben und, nachdem der Rest des Endosperms von letzteren aufgenommen, abgeworfen.

Helleborus niger.

Die Untersuchung von Helleborus führte zu demselben Resultat. Der Embryo ist ausserordentlich klein, fast kugelig, und die Cotyledonen sehr schwach entwickelt. Die radiale Anordnung der Zellen nach dem Centrum, sowie die Streckung, besonders in den äusseren Endospermschichten, tritt hier deutlich hervor. Auch hier ist besonders in medianen Längsschnitten das mehr oder weniger collabirte Gewebe im Centrum des Samens bis zur Spitze fast zu verfolgen. Sowohl die Streckung und radiale Anordnung der Zellen gegen dieses Gewebe hin zeigt sich deutlich. Dasselbe löst sich ebenso wie bei Nigella auf; die schnell heranwachsenden Cotyledonen dringen in den entstandenen Spalt hinein und legen sich dicht dem stark gequollenen collabirten Gewebe an, um die Stoffe aus demselben aufzunehmen.

Colchicum autumnale.

Auf den Querschnitten liess sich eine deutlich strahlenförmige Anordnung und Streckung der Zellen gegen das Centrum hin erkennen. Der Embryo liegt hier mehr der Peripherie genähert und zeigt keine Differenzirung in Würzelchen und Cotyledonen. In der Mitte, als auch um den Embryo war wieder das mehr oder weniger collabirte helle Gewebe vorhanden, aber stets war im ruhenden Samen eine Schicht intakter Zellen zwischen Embryo und Mittelpunkt zu erkennen. (Taf. I. Fig. 11 u. 12.) Die Zellen des collabirten Gewebes sind stark zusammengeschrumpft und verschoben, aus einzelnen bereits der Inhalt geschwunden, und die Membranen zusammengefallen. Die Membranen des übrigen Endosperms sind durch ihre dicken, von weiten Tüpfeln durchbrochenen Wände ausgezeichnet. Die Zellen zeigen von der Peripherie aus eine starke Längsstreckung, welche, je näher man der Mitte kommt, abnimmt. Die Tüpfelung der

Membranen ist meist derartig, dass die von der Peripherie aus bis auf $^1/_3$ des Durchmessers zum Mittelpunkt hin liegenden, langgestreckten Zellen hauptsächlich in den Querwänden dieselben zeigten, während in den Längswänden die Tüpfelung geringer war. (Taf. II. Fig 47.) Von hier aus, wo auch die Streckung der Zellen abnahm, war die Tüpfelung in Quer- und Längswänden gleichmässiger vertheilt. (Taf. II. Fig. 48.) Der Inhalt der Zellen besteht hauptsächlich aus fettem Oel und Aleuron. Ein sehr klares Bild wurde durch die Betrachtung der den Embryo enthaltenen Längsschnitte gewonnen. Die strahlige Anordnung der Zellen gegen den Embryo, sowie gegen das die Mitte des Samens einnehmende hellere, collabirte Gewebe und die Streckung der Zellen trat hier besonders stark hervor. (Taf. I. Fig. 12.)

Die Ausbildung des oberflächlichen Embryonalgewebes zeigte hier keine Besonderheiten.

Mit Zinkchloridjodlösung färbten sich die Membranen des collabirten Gewebes ebenso wie bei Foeniculum.

Die Keimung brachte besonders in den ersten Stadien keine wesentlichen Veränderungen hervor, man bemerkte nur wieder eine starke Quellung des collabirten Gewebes um den Embryo, wie auch in der Mitte. Dem Embryo lag das Gewebe dicht an. In späteren Stadien bemerkte man eine Erweiterung des collabirten Gewebes zwischen Embryo und Mitte, bis schliesslich das zwischen diesen beiden Orten vorhandene intakte Gewebe (Taf. I. Fig. 11d u. 12d) vollkommen aufgelöst wurde, so dass eine Communication in Form eines Spaltes zwischen Mitte und Embryo vorhanden war, in welchen die nach und nach gleichzeitig heranwachsenden Cotyledonen hineindrangen, um die aufgelösten Stoffe, wie es schon bei den vorhergehenden Samen beschrieben ist, aufzunehmen.

Sabadilla officinarum.

Die Querschnitte dieses länglichen, an der Spitze schwach gedrehten Samens liessen folgende Struktur des Endospermgewebes erkennen:

Der in der Nähe des Nabels befindliche Embryo nimmt die Mitte ein, rings um denselben befindet sich ein sehr stark collabirtes, in äusserst losem Zusammenhange befindliches, hell erscheinendes Gewebe, dessen Zellen mehr oder weniger abgerundet waren. Die von der Peripherie kommenden Zellzüge

verliefen bogenförmig, radial gegen das collabirte Gewebe und den Embryo (Taf. I. Fig. 13). Die äusseren, gegen die Peripherie hin liegenden Endospermzellen waren lang gestreckt, welche Streckung nach dem Centrum zu abnahm (Taf. II. Fig. 49). Die dickwandigen Membranen liessen eine deutliche Tüpfelung erkennen. Dieselbe Anordnung der Zellen und Struktur des Endospermgewebes zeigte sich auch an den den Embryo enthaltenden Längsschnitten.

In den sehr stark aufgequollenen Samen waren die Zellen des um den Embryo befindlichen Gewebes vielfach ihres Inhalts entleert, und die zusammengedrückten Zellmembranen hatten sich dem Embryo fest angelegt. Weiterhin zeigte sich auch in dem über dem Embryo befindlichen, die Mitte des Samens durchziehenden hellen Gewebe an verschiedenen Punkten eine Collabirung der Zellmembranen und Auflösung des Zellinhalts.

Trotzdem es nicht möglich war, die Samen zur Keimung zu bringen, so ist es wohl nicht ausgeschlossen, dass die an dem gequollenen Samen gefundenen Erscheinungen, welche denen bei Foeniculum vollständig gleichwerthig waren, zu demselben Resultat führen werden, indem die Cotyledonen in den, durch Auflösung des hellen, in der Mitte des Samens befindlichen Gewebes geschaffenen Raum hineinwachsen, sich an das collabirte, stark aufgequollene Gewebe anlegen und die ihnen in Richtung der Zellzüge von dem Umfange aus zugeleiteten Stoffe aufnehmen.

Scilla maritima.

Die Quer- und Längsdurchschnitte des Samens (Taf. I. Fig. 14 u. 15) zeigten eine deutliche radiale Anordnung der Endospermzellen gegen den central gelegenen Embryo und das über demselben befindliche hellere Gewebe. Auch hier war wieder das den Embryo umgebende collabirte Gewebe vorhanden, welches sich über demselben, in der Mitte einen Spalt bildend, bis zur halben Höhe des Samens verfolgen liess. (Taf. I. Fig. 14.) Die von der Peripherie kommenden Endospermzellen waren besonders in den äusseren Schichten stark gestreckt (Taf. II. Fig. 50), welche Streckung nach dem Centrum zu abnahm. Ihre sehr dicken Wandungen besassen viele und weite Tüpfel, wie bei Colchicum, so dass auch seitlich eine Leitung der Stoffe in leichter Weise stattfinden konnte.

Zinkchloridjodlösung brachte an den Membranen des collabirten Gewebes eine Blaufärbung hervor.

Das oberflächliche Embryonalgewebe zeigte in seiner Ausbildung keine besondere Beschaffenheit. Das die Epidermiszellen bedeckende, deutlich differenzirte Häutchen zeigte sich ziemlich resistent gegen Schwefelsäure, wurde aber doch nach längerem Liegen (zwei bis drei Stunden) für das Auge unsichtbar.

Auch hier drangen bei der Keimung die Cotyledonen in den durch Auflösung des hellen Gewebes zum Theil schon vorhandenen und sich weiter entwickelnden Spalt, um in derselben Weise, wie es früher beschrieben, die Stoffe aufzunehmen.

Dieselben Verhältnisse zeigten sich auch bei Smilacina stellata.

Lilium Martagon.

An den die Wurzelspitze enthaltenden Querschnitten war keine besondere Struktur des Endospermgewebes zu erkennen; dagegen liess sich an höher gelegenen, bis fast zur äussersten Spitze des stark zusammengedrückten Samens, erhaltenen Querschnitten in der Längsrichtung, sowohl von der breiteren, wie schmäleren Kante eine strahlige Anordnung und Streckung der Zellen zum Embryo hin wahrnehmen. Die zwischen den Breitseiten des Samens und dem Embryo befindlichen 2—3 Zelllagen zeigten weder eine besondere Anordnung, noch Streckung der Zellen (Taf. I. Fig. 16.). Das dicht um den Embryo befindliche Gewebe erschien stark collabirt, so dass diese Collabirung zu beiden Seiten des Embryo in der Längsrichtung zur Bildung eines Spaltes führte (Taf. I. Fig. 16b), welcher über dem Embryo sich verjüngend, fast bis zur Spitze des Samens zu verfolgen war und häufig Gewebsreste enthielt.

Die Zellmembranen der intakten Endospermzellen sind ausserordentlich dickwandig und sind von Tüpfeln durchsetzt, so dass bei der Keimung eine Circulation der Säfte nach allen Richtungen stattfinden kann. Der Inhalt der Zellen besteht aus fettreichem Protoplasma und Proteinkörnern. Die Zellwände des collabirten Gewebes waren etwas dünner. Mit Zinkchloridjodlösung trat eine Blaufärbung sämmtlicher Membranen ein.

Das oberflächliche Embryonalgewebe zeigte keine besondere Beschaffenheit, und das die Epidermiszellen bedeckende Häutchen

wurde bei längerer Behandlung mit Schwefelsäure für das Auge unsichtbar, war also nicht cuticularisirt.

Wenn die an den Breitseiten des Samens befindlichen zwei bis drei Zelllagen keine Streckung gegen den Embryo hin zeigten, so war dies wohl damit in Einklang zu bringen, dass auf diesem kurzen Wege zum Embryo hin, bei der starken Tüpfelung der Zellen, Stoffleitungsbahnen, wie sie sich in dem anderen Theil des Gewebes durch Anordnung und Streckung der Zellen bemerkbar machen, nicht nothwendig erschienen.

Aehnliche Verhältnisse waren bei Fritillaria imperialis zu constatiren.

Die Vorgänge bei der Keimung fanden hier wie bei den vorhergehenden Samen statt.

Coffea arabica.

Die succedan geführten Querschnitte liessen folgende Struktur des Endosperms erkennen:

Die ersten unterhalb des Würzelchens befindlichen Querschnitte zeigten bereits die eigenthümliche Form des Endosperms, indem die beiden Seitenlappen nach innen eingerollt sind, wodurch zwischen diesen und dem übrigen Endosperm ein gewundener Spalt gebildet wird, in welchem sich noch Ueberreste der Samenhaut finden. In diesen Schnitten bemerkte man hauptsächlich an der convexen Seite eine Streckung der Zellen, welche von aussen nach innen sich fortsetzend, abnahm. An einem die Embyronalzone berührenden Schnitt sah man, dass besonders in dem convexen Theil des Endosperms die Zellen von beiden Seiten der Peripherie gegen den Embryo hin zuerst deutlich gestreckt waren, dann aber, je näher sie dem Embryo kamen, eine mehr isodiametrische Form annahmen. — Ausserdem zog sich parallel mit der Peripherie des Endosperms eine dunkle Zone[1]) mitten durch den Samen, deren Zellen in der Richtung des Querschnitts lang gestreckt erschienen. (Taf. I. Fig. 18). Querschnitte über dem Embryo, in der breitesten Zone des Endosperms, liessen wiederum deutlich diesen durch die Mitte des Samens sich hinziehenden Zellstrang erkennen, welcher sich in die eingerollten Lappen weiter fortsetzte und hier oft keulenförmig

[1]) Vergl. Jäger. Bot. Ztg. 1881. S. 336—339.

endete. — Gegen diesen Strang waren die von beiden Peripherieseiten des Samens kommenden Endospermzellen, besonders in dem convexen Theil, erst stark gestreckt, welche Streckung, je mehr man sich dem Zellstrang näherte, abnahm und an den dicht um den Strang befindlichen Zellen nicht mehr wahrzunehmen war. (Taf. I. Fig. 19.) Diese Bilder waren fast bis zur Spitze des Samens zu verfolgen.

In den am äussersten Ende des Samens gemachten Querschnitten war der Zellstrang nicht mehr vorhanden; man sah hier von einer an der Peripherie befindlichen Einbuchtung aus eine grade von zwei bis drei Zelllagen gebildete Reihe sich bis zur gegenüberliegenden Seite des Samens hinziehen; von dieser aus verliefen die mehr oder weniger gestreckten Endospermzellen bogenförmig nach den Seiten, erreichten dieselben aber in dieser Anordnung nicht, sondern gingen in ein aus isodiametrischen Zellen bestehendes Gewebe über. Zur weiteren Orientirung machte ich noch tangentiale und radiale Längsschnitte.

Mitten in dem durch die Embryonalzone geführten tangentialen Längsschnitt (Taf. I. Fig. 20) findet sich ein Hohlraum, welcher mit dem auf den Querschnitten sichtbaren Spalt identisch ist und durch die Einfaltungen des Sameneiweisses gebildet war. Das zu beiden Seiten dieses Hohlraums liegende Endosperm *a* wurde in der Mitte in seiner ganzen Ausdehnung von dem eigenthümlichen Zellstrang *b*, welcher mit unbewaffnetem Auge schon als dunkle Zone wahrnehmbar ist, durchzogen. Innerhalb dieses Zellstrangs befinden sich am Grunde des Samens die beiden Cotyledonen *e* und gegen denselben sind die von der Peripherie kommenden Endospermzellen bogenförmig angeordnet. In den radialen Längsschnitten war der oben erwähnte Spalt noch in der Mitte ausgefüllt, was von einer bogenförmigen Hineinragung des Endosperms in denselben verursacht wird.

Auch hier war das Gewebe um den Embryo (Taf. I. Fig. 20 c) stark collabirt und erschien stets heller als das übrige Endosperm. — Die Zellen des Endosperms zeigen in den äusseren Schichten desselben eine deutliche Streckung, welche besonders in den mittleren Endospermquerschnitten ziemlich weit gegen die dunkle Zone zu verfolgen ist, dagegen haben sie in der näheren Umgebung des Stranges, wie des Embryos eine mehr isodiametrische Form. Ihre Membranen sind ziemlich dickwandig und besitzen eine starke Tüpfelung.

Die Zellen des Stranges sind langgestreckt und besitzen weit dünnere Wandungen ohne Tüpfelung. Im Verlaufe des Stranges bemerkt man eine deutliche Auflösung und Collabirung einzelner Zellen.

Das oberflächliche Embryonalgewebe zeichnete sich durch keine besondere Beschaffenheit seines Baues aus. Das deutlich differenzirte, die Epidermiszellen bedeckende Häutchen erwies sich gegen Schwefelsäure, selbst bei längerer Behandlung, resistent, war also cuticularisirt.

Die Membranen des collabirten Gewebes um den Embryo färbten sich mit Zinkchloridjodlösung blau bis violett, während die Membranen der übrigen Endospermzellen farblos blieben. Der Inhalt der Zellen wurde durch obiges Reagens braunroth, welche Färbung, wie später noch durch Eisenchlorid und chromsaures Kali nachgewiesen wurde, von Gerbstoff herrührte. Es waren speciell die um den Embryo befindlichen Zellpartien und die Strangzellen, in denen sich ein besonders starker Gerbstoffgehalt bemerkbar machte. Ausserdem enthielten die Zellen feinkörniges Plasma und fettes Oel.

Um die bei der Keimung stattfindenden Veränderungen zu beobachten, wurden mir aus dem hiesigen botanischen Garten in liebenswürdigster Weise die vorhandenen reifen Früchte des Cafébaumes zur Disposition gestellt.

In den ersten Keimungsstadien, in welchen das Würzelchen die Samenschale durchbrochen hatte und bereits ein bis zwei Centimeter Länge besass, war eine starke Collabirung des die Mitte des Samens durchziehenden Zellstranges, besonders um und dicht oberhalb des Embryo, zu erkennen, während in höheren, über dem Embryo befindlichen Zonen die Collabirung nur partiell stattgefunden hatte. — In weiter vorgeschrittenen Keimungsstadien nahm das Zerfallen und Auflösen der im Strange befindlichen Zellen zu, es bildete sich nach und nach ein Spalt, in welchen die Cotyledonen hineinwuchsen. Das um den Spalt befindliche stark aufgequollene, collabirte Gewebe legte sich den hineinwachsenden Cotyledonen dicht an. Letztere blieben, indem sie den Samen über die Erde hoben, stecken, bis das Eiweiss fast vollkommen aufgenommen war, streiften dann die Samenschale ab und entfalteten sich über dem Boden als ziemlich grosse Lappen.

Aus den am ruhenden wie keimenden Samen gemachten Beobachtungen lässt sich schliessen, dass die Spaltbildung hier ebenfalls den Zweck verfolgt, dem Embryo die ersten Stoffe zur Ernährung zu liefern, demselben einen Raum zu schaffen, in welchen er hineinwachsen kann, um aus dem übrigen Gewebe so schnell und auf so kurzem Wege als möglich die gelösten Stoffe in der von den Zellzügen angedeuteten Richtung aufzunehmen.

Zinkchloridjodlösung färbte auch hier wieder die Membranen des collabirten Gewebes blau bis violett und liess in den Zellen desselben viel transitorische Stärke wahrnehmen.

Piper nigrum.

An den zuerst von trockenen Samen des Handels hergestellten succedanen Querschnitten wurde Folgendes beobachtet:

Der erste Querschnitt (Taf. I. Fig. 21) zeigte den sehr kleinen noch nicht völlig entwickelten Embryo *c* lose in der Mitte des sehr zusammengefallenen, eingetrockneten Endosperms *a* liegen. Gegen den Embryo, wie gegen das um denselben befindliche Endosperm waren die von der Peripherie kommenden Perispermzellen *d* deutlich längsgestreckt und radial angeordnet.

An den über dem Embryo gemachten Querschnitten liess sich in der Mitte ein nach der Spitze des Samens grösser werdender, sich dann wieder verjüngender Hohlraum erkennen (Taf. I. Fig. 22, e), in welchem hin und wieder einige zerfallene Gewebselemente *f* zerstreut lagen. Die Perispermzellen *d* zeigten auch hier gegen den Hohlraum hin eine deutliche, strahlige Anordnung und Streckung. In den aus der Spitze des Samens herrührenden Querschnitten fehlte der Hohlraum, wohl aber war die radiale Anordnung der gestreckten Zellen nach dem Mittelpunkte hin wieder sichtbar. — Das an den Hohlraum grenzende Perispermgewebe zeigte sich in allen Querschnitten ziemlich stark collabirt. — Die durch die Mitte des Samens zur weiteren Orientirung geführten Längsschnitte (Taf. I. Fig. 23) zeigten am unteren Ende wieder das zusammengefallene, stark eingetrocknete Endosperm *a*, in welchem sich, lose liegend, der Embryo *c* befand. An dieses Endospermgewebe grenzt ein Strang polygonaler, isodiametrischer Zellen *g*, welcher in dem bereits schon bei den Querschnitten beschriebenen Hohlraum *e* endigt, der die Mitte des Samens einnimmt. Mehr oder weniger war auch

sehr häufig in diesem Strange, ebenso wie in dem Hohlraum, das Zellgewebe geschwunden und dadurch gleichsam zwischen Hohlraum und Embryo ein Kanal geschaffen. Auch hier zeigten die Perispermzellen *d* sowohl gegen Embryo, Kanal und Hohlraum hin eine Streckung, als auch radiale Anordnung.

Um mich zu orientiren, welche Bilder frische Samen auf Quer- und Längsschnitten darboten und besonders, in welcher Weise die Bildung des Hohlraums stattfand, benutzte ich, wegen Mangel frischen Materials, Alkoholmaterial in den verschiedensten Reifestadien aus dem hiesigen botanischen Museum. — Sowohl an den Quer- wie Längsschnitten war hier Folgendes, im Gegensatz zum trocknen Samen, zu beobachten:

Der sehr kleine mit äusserst kurzen Cotyledonen versehene Embryo lag hier in dem noch vollkommen intakten Endospermgewebe, welches nur dicht um denselben eine Collabirung zeigte. Der Kanal wie Hohlraum war in den jüngeren Stadien mit einem dicht aneinanderliegenden, aus polygonalen Zellen bestehenden Gewebe angefüllt (Taf. I. Fig. 24a); nur da, wo dasselbe an das Perisperm grenzte (Taf. I. Fig. 24, 25c), liess sich eine Collabirung beider Gewebe constatiren. In älteren Stadien (Fig. 26) hatte die Auflösung und der Zerfall dieses, den Hohlraum und Kanal erfüllenden Gewebes bedeutend zugenommen. Die Zellen wichen auseinander, rundeten sich ab, der Inhalt löste sich, so dass schliesslich in dem ausgebildeten vollkommen reifen Samen nur ein kleiner, lose zusammenhängender Zellcomplex in der Mitte des Hohlraums übrig blieb, um welchen die zusammengefallenen Membranen übereinandergeschichtet lagen. Das an diesen Hohlraum grenzende Perispermgewebe zeigte sich stark collabirt. In einem geringeren Grade liessen sich auch dieselben Verhältnisse in dem den Hohlraum und Embryo verbindenden Zellstrang constatiren. Im Uebrigen zeigte sich die Struktur, wie sie bereits am trockenen Samen beschrieben war.

Die Endospermzellen besassen dünne Wandungen und enthielten Aleuron und fettes Oel. Die Perispermzellen zeigten eine deutlich gestreckte Form, welche Streckung nach der Mitte zu abnahm. Ihr Inhalt bestand aus Amylum. Einige Zellen waren ölführend. Sowohl in den Endospermzellen und Perispermzellen zeigten sich hin und wieder Piperinkrystalle. Die oberflächliche Embryonalausbildung zeigte keine besonderen

Eigenthümlichkeiten. An dem, die Epidermiszellen bedeckenden deutlich differenzirten Häutchen liess sich keine Cuticularisirung nachweisen.

Keimungsversuche konnte ich wegen Mangel frischen Materials nicht anstellen. Dennoch ist wohl die Annahme nach den bisher gemachten Erscheinungen und Orientirungen berechtigt, dass der geschaffene Spalt, welcher durch Rückbildung[1]) und Auflösung des Gewebes (seiner Lage nach innerhalb des Perisperm und um den Embryo wahrscheinlich Endosperm) entsteht, auch hier bezweckt, die heranwachsenden Cotyledonen aufzunehmen, nach welchen dann in der Richtung der Perispermzellzüge die aufgelösten Stoffe hingeleitet und von ihnen absorbirt werden.

Fagopyrum esculentum.

Die durch die äusserste Wurzelspitze des Embryo geführten Schnitte liessen keine besondere Struktur des um denselben befindlichen Endospermgewebes erkennen. Höher liegende Schnitte, in deren Mitte die Axe des Embryo sichtbar war (Taf. I. Fig. 27), von welcher aus sich an zwei gegenüberliegenden Seiten die Cotyledonen abzweigten, zeigten bereits eine bogenförmige, radiale Streckung der Endospermzellen gegen den Embryo hin. In den über der Axe liegenden Querschnitten waren nur die blattartigen, quergefalteten Cotyledonen, welche bekanntlich wellig, meist ∞ förmig den Samen durchziehen, vom Embryo vorhanden, während die gestreckten Endospermzellen gegen diese ebenso wie in den vorigen Schnitten angeordnet waren (Taf. I. Fig. 28). — Die dicht an den Embryo grenzenden Zellen liessen eine Collabirung erkennen.

Die Wände der gestreckten Endospermzellen waren sehr dünn und trennten sich leicht von einander. Ihr Inhalt bestand aus einfachen polygonalen Stärkekörnern, die von fettarmen Protoplasma eingeschlossen werden.

Die oberflächliche Beschaffenheit des Embryonalgewebes zeigte keine Besonderheiten. Das deutlich differenzirte, um die Axe befindliche Häutchen war cuticularisirt. Die wellenförmigen, im Querschnitt bandförmigen, blattartigen Cotyledonen bestehen aus sechs bis sieben Reihen isodiametrischer Parenchymzellen, enthalten viel Procambiumstränge und eine Schicht deutlich

[1]) Vide. II. Theil pag. 54.

ausgebildeter Palissadenzellen. Die Cuticularisirung des hier die Epidermiszellen bedeckenden Häutchens schien verschiedenartig zu sein und zwar stark an der der Palissadenschicht zugewandten Seite, mit welcher die Cotyledonen aneinanderlagen, schwach, an der dem Endospermgewebe zugewandten Seite. Die Cotyledonen durchziehen den Samen in seiner ganzen Länge und Breite. Herauspräparirt und ausgebreitet zeigen sie eine Gestalt, wie sie Taf. II. Fig. 51 darstellt.

In den Keimungsstadien war das um den Embryo befindliche Gewebe stark aufgequollen und lag demselben dicht an. Der Inhalt der Zellen begann sich vorwiegend in den Ausbuchtungen der Cotyledonen (Taf. I. Fig. 28, i) zu lösen, von wo aus die Auflösung nach der Peripherie zu fortschritt. Die Samen werden von den Cotyledonarspitzen emporgehoben, welch' letztere so lange darin stecken bleiben, bis das Endosperm bis auf einen geringen Rest ausgesogen ist, worauf dann die leeren Schalen abgestreift werden.

Auch hier kann man aus den angestellten Beobachtungen den Schluss ziehen, dass die Streckung der Zellen die Richtung der Leitungsbahnen anzeigt.

Rumex olympiacus.

Die durch den Samen geführten Querschnitte (Taf. I. Fig. 29 u. 30) lassen hier eine eigenthümliche Zellanordnung gegen den Embryo hin, welcher seitenständig und gekrümmt ist, erkennen.

Das um den Embryo zunächst befindliche Gewebe *n* erschien hell und war stark collabirt und zerfallen. Von den drei Ecken des dreikantigen Samens verlaufen eine bis zwei Zellreihen länglich gestreckter Zellen *o* bis zum Embryo *m*, sich von dem übrigen Gewebe stark abhebend. Gegen diese, wie gegen den Embryo hin sind die übrigen Endospermzellen *l*, von beiden Seiten der Peripherie kommend, strahlig angeordnet. Diese vorhin erwähnten graden Zellreihen bilden gleichsam Lothe, welche von den Ecken nach den Mittelpunkten der gegenüberliegenden Seiten gefällt sind.

Die Endospermzellen sind deutlich gestreckt und besitzen dünne Wandungen. Ihr Inhalt besteht hauptsächlich aus Stärke.

Eine besondere Ausbildung des oberflächlichen Embryonalgewebes war nicht zu constatiren. Das die Epidermis bedeckende

Häutchen war nur schwach cuticularisirt, denn bei längerer Behandlung mit Schwefelsäure wurde es für das Auge unsichtbar.

Bei der Keimung der Samen war eine Auflösung zuerst in den von den Ecken aus zum Embryo sich hinziehenden, stark markirten Zellreihen *o* zu beobachten, welche in späteren Keimungsstadien fast zur Bildung eines Spalts führte. Von hier aus pflanzte sich die Auflösung gegen die Peripherie hin fort. Auch hier deuten die Streckung der Zellen zum Embryo, wie gegen die bei der Keimung sich bildenden Spalten, welche ebenfalls gegen den Embryo gerichtet sind, die Leitungsbahnen an, welche die aufgelösten Stoffe wandern.

Lonicera alpigena.

In den untersten durch das Embryowürzelchen geführten Querschnitten (Taf. I. Fig. 31) zeigte sich in der Mitte des Samens der Embryo *b*, von einem stark collabirten Gewebe *c* umgeben, welches zu beiden Seiten desselben in der Längsrichtung einen Spalt *d* bildete. Um dieses Gewebe befanden sich einige Lagen polygonaler Zellen, gegen welche die übrigen von der Peripherie aus kommenden Zellen radial angeordnet waren. Sowohl in höher liegenden Schnitten, als auch in der Cotyledonarzone (Taf. I. Fig. 32) war der Spalt des collabirten Gewebes in der Längsrichtung des Samens bedeutend vergrössert *d* und die radiale Anordnung wie Streckung der Zellen, welch' letztere gegen den Embryo hin abnahm, trat hier bedeutend hervor.

An den über dem Embryo befindlichen Querschnitten (Taf. II. Fig. 33) war in der Mitte der Spalt *d*, von stark collabirtem Gewebe *c* umgeben, wahrzunehmen, während die durch die Spitze des Samens geführten Querschnitte denselben nicht mehr zeigten. In all diesen Schnitten war, besonders in den äusseren Schichten des Endosperms *a*, eine hervortretende radiale Anordnung und Streckung der Zellen zu erkennen.

In den durch die Mitte des Samens gemachten Längsschnitten (Taf. II. Fig. 35) trat die an den Querschnitten beschriebene Struktur ebenfalls klar hervor. Am untern Ende befindet sich der Embryo *b*, über welchen durch die Mitte des Samens ein sich nach oben zu verjüngender, bis fast zur entgegengesetzten Seite reichender Spalt *d* hinzog. Sowohl der Embryo als auch der Spalt waren von collabirtem Gewebe *c* umgeben, letzterer

auch häufig an einzelnen Stellen damit erfüllt. Gegen den Embryo und den Spalt zeigten die zuerst stark, nach der Mitte zu weniger gestreckten Endospermzellen *a* eine deutlich radiale Anordnung. Die weiter nach der Peripherie zu gelegenen Längsschnitte (Taf. II. Fig. 35) enthielten den Spalt, um welchen herum das Endosperm wie vorher angeordnet war.

Die Wände der mehr oder weniger gestreckten Endospermzellen waren dünn und ihr Inhalt bestand aus Proteinkörnern und fettreicher plasmatischer Grundsubstanz.

Das oberflächliche Embryonalgewebe liess keinen bemerkenswerthen Bau erkennen, und das die Epidermiszellen bedeckende Häutchen war schwach cuticularisirt.

Die keimenden Samen zeigten ein ganz ähnliches Verhalten wie Foeniculum, indem auch hier die Cotyledonen in den gebildeten Spalt hineindrangen, den Samen in die Höhe hoben und mittelst des stark aufgequollenen, dicht um den Embryo sich herumlegenden Gewebes die aufgelösten Stoffe, deren Leitungsbahnen durch die Streckung der Zellen angedeutet wurden, aufnahmen.

Agrostemma Githago.

Die an dem Mikropylarende des nierenförmigen Samens gemachten Querschnitte (Taf. II. Fig. 36) zeigten das Wurzelspitzchen des Embryo *c* von vier bis fünf radial angeordneten Zelllagen Endospermgewebe *a* umgeben, gegen welches hin sich das Perispermgewebe *b* durch ebensolche Anordnung seiner Zellen markirte. Ein zweiter Schnitt (Taf. II. Fig. 37) enthielt an einem Ende das Würzelchen *c* vom Endosperm *a* und Perisperm *b* umgeben und am gegenüberliegenden Ende die Cotyledonen *d*, gegen welche die Perispermzellen *b* hin gleichfalls eine deutliche Streckung erkennen liessen. Zwischen beiden, gegen das Würzelchen hin, war die braune Samenschale *f* zu bemerken, welche Erscheinung durch die nierenförmige Ausbuchtung des Samens an dieser Stelle ihre Erklärung fand.

An höher gelegenen Schnitten war wieder die Radicula *c* aber ohne Endospermgewebe sichtbar, und am andern Ende des Samens die Cotyledonen *d*; in der Mitte, Radicula und Cotyledonen verbindend, befanden sich einige Lagen isodiametrischer Zellen *e*. Sowohl gegen die Radicula als wie gegen die eben erwähnten Zelllagen waren die erst stark, nach der Mitte zu

weniger gestreckten Perispermzellen strahlig, bogenförmig angeordnet, wohingegen eine derartige Anordnung den Cotyledonen gegenüber nicht so scharf hervortrat.

Die erhaltenen Längsschnitte (Taf. II. Fig. 40) zeigten in der Mitte gleichfalls die isodiametrischen Zellen, während sich am Mikropylarende des Samens eine deutliche Streckung der Zellen gegen die Cotyledonarspitzen und das Würzelchen wahrnehmen liess.

Aus den erhaltenen Quer- und Längsschnitten ergab sich, dass der Embryo peripherisch liegt und das Albumen wie einen Ring umschliesst.

Das an die Radicula und die Cotyledonen grenzende Gewebe zeigte sich vollkommen collabirt. Die Endospermzellen enthalten Fett und Protein, während die Perispermzellen mit sehr kleinen Stärkekörnchen und höchst characteristischen spindel- bis eiförmigen, seltener kuglichen, 0,02—0,1 mm grossen, fein granulirten Körpern erfüllt sind. Es sind dies, wie ihr Entdecker Vogl[1]) vermuthet, Massen aus Saponin und Schleim, in welche die Stärkekörnchen eingebettet sind. Die Membranen der Zellen sind dünn.

Die Epidermalschicht des Embryo markirte sich nicht durch einen besonderen Bau. Das dieselbe bedeckende Häutchen war deutlich differenzirt und gegen Schwefelsäure resistent. Die Cotyledonen waren deutlich blattartig, abgeflacht und doppelt so lang als ihr Axentheil, enthielten viel Procambiumstränge und liessen an der Oberseite zwei bis drei Palissadenreihen erkennen. Im ersten Keimungsstadium quoll das collabirte Gewebe stark auf und legte sich dem Embryo dicht an. Die peripherischen Zellen liessen eine stärkere Streckung nach der Mitte zu erkennen, wo sich gleichfalls eine Collabirung der isodiametrischen Zellen vollzog. In späteren Keimungsstadien, wo diese Verhältnisse mehr hervortraten, und die fast ergrünten Cotyledonen durch die bereits aufgenommenen Stoffe grösser geworden waren, wurde die Samenschale am Rücken des Samens, der Mikropyle gegenüber, gesprengt, und die Cotyledonen traten heraus. Die Spitzen derselben und das Würzelchen blieben im Samen stecken. Gegen diese hin werden nun in der Richtung der Zellen, welche speciell

[1]) Die gegenwärtig am häufigsten vorkommenden Verfälschungen und Verunreinigungen des Mehls. Wien 1880.

hier, wie aus den Querschnitten und den Längsschnitten zu ersehen ist, eine deutliche Streckung zeigen, die aufgelösten Stoffe geleitet und durch das dicht anliegende, collabirte Gewebe dem Embryo übermittelt. Später tritt dann zuerst das Würzelchen heraus, welches sich in der Erde befestigt, während die Cotyledonarspitzen noch im Samen stecken bleiben, denselben mit in die Höhe heben, um die Reste des Albumens noch aufzunehmen und dann endlich die Samenschale abzustreifen.

§ II.

Samen ohne Streckung der Albumenzellen.

Plantago Psyllium.

An den Querschnitten (Taf. II. Fig. 41) dieses sehr kleinen Samens bemerkt man in der Mitte den Embryo ebenfalls von einem stark collabirten Gewebe umgeben. Eine besondere Anordnung oder Streckung der Zellen in irgend einer Richtung zum Embryo hin war in dem nur wenige Zelllagen bildenden Endosperm nicht wahrzunehmen, wohl aber eine äusserst starke Tüpfelung der dicken Zellwände (Taf. II. Fig. 42). Der Inhalt der Zellen besteht aus fetthaltigem, hyalin aussehendem Protoplasma und kleinen ovalen Proteinkörnern. Das oberflächliche Embryonalgewebe war von keiner besonderen Beschaffenheit. Das deutlich differenzirte, die Epidermiszellen bedeckende Häutchen zeigte sich gegen Schwefelsäure nicht resistent.

Die Keimung, welche besonders durch die auf der Samenschale befindliche Quellschicht sehr unterstützt wurde, indem hierdurch eine Befestigung des Samens im Boden,[1]) ein gleichmässiges und ununterbrochenes Anquellen des Embryo und Durchtränktwerden des Eiweisskörpers ermöglicht wird,[2]) geht in der Weise vor sich, dass sich das durchtränkte gleichfalls eine Quellschicht bildende, aufgequollene, collabirte Gewebe dem Embryo dicht anlegt, die Stoffe aus den übrigen Endospermzellen aufnimmt und sie diesem übermittelt. Das Würzelchen tritt heraus, befestigt sich in der Erde, während später die Cotyledonen die Samen in die Höhe heben und den Rest des Albumens mit den Spitzen aufnehmen.

[1]) Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie pag. 459.
[2]) Haberlandt, Physiolog. Anatom. pag. 276.

Aus diesen, am ruhenden wie keimenden Samen gemachten Beobachtungen war zu folgern, dass in einem so kleinen Samen, dessen Endosperm aus wenigen Zelllagen besteht, keine besondere Anordnung und Streckung der Zellen zum Embryo nöthig ist und wegfallen kann, da hier schon die ausserordentlich starke Tüpfelung der Zellen genügt, in dem äusserst stark durchtränkten Endospermkörper eine schnelle und directe Leitung der Nährstoffe zum Embryo hin zu bewirken.

Capsicum annuum.

Die succedan ausgeführten Querschnitte (Taf. II. Fig. 43) dieses nierenförmigen stark zusammengedrückten Samens zeigten den Embryo an drei Stellen durchschnitten. An einem Ende des Samens befindet sich die Radicula, dieser gegenüber am anderen Ende ein breiter Querschnitt der Cotyledonen und dicht über der Radicula, durch nur zwei bis drei Zelllagen getrennt, ein schmaler Querschnitt der Cotyledonen, welch' letzterer die verjüngte Spitze derselben war. Um alle drei Theile des Embryo zeigte sich deutlich das stark collabirte helle Gewebe.

An ferner ausgeführten Längsschnitten (Taf. II. Fig. 44a) war ersichtlich, dass der Embryo spiralig gewunden das Eiweiss durchsetzt, so dass fast überall eine Berührung mit demselben vorhanden war. Eine Streckung und Anordnung der Zellen gegen den Embryo hin war nicht zu bemerken.

Die polygonalen Zellen waren mehr oder weniger isodiametrisch, besassen dünne Zellwände und enthielten Fett und Eiweiss. Das oberflächliche Epidermalgewebe des Embryo liess keine besondere Eigenthümlichkeit im Bau erkennen. Das die Epidermiszellen des Embryos bedeckende, deutlich differenzirte Häutchen zeigte eine schwache Cuticularisirung.

Die an diesem Samen sowie die an dem von Datura Stramonium gemachten Beobachtungen, welche bei letzterem dasselbe Resultat ergaben, führen dahin, dass durch die eigenthümlich spiralig gewundene Form des Embryos, durch welche derselbe mit dem Eiweiss in sehr vielfache Berührung kommt, indem er dieses so vollkommen durchzieht, dass zwischen der Spiralwindung meist nur wenige Zelllagen vorhanden sind, eine Streckung und besondere Anordnung der Zellen zum Embryo wegfallen kann.

§ III.

Samen mit Saugorgan.

Ganz anders als in den bisher abgehandelten Samen gestaltet sich die Aufnahme der gelösten Stoffe in den Samen, wo ein Saugorgan vorhanden ist, welches die Ueberführung derselben aus dem Endosperm bez. Perisperm zum Embryo übernimmt. — Einen Uebergang zu dieser Form bildet Canna, dessen Einrichtungen im Bau des Albumen und Embryonalgewebes ich hier zuerst erläutern will, um dann zum Mais überzugehen.

Canna indica.

Die von der Wurzelspitze des Embryo aus succedan ausgeführten Querschnitte zeigten folgende Struktur:

In der Mitte der Schnitte befand sich die Hauptwurzel des Embryo, von welcher sich zwei starke Nebenwurzeln abzweigten. Dieses Wurzelsystem ist von einem aus rundlichen Zellen bestehenden Gewebe umgeben, an dessen Peripherie länglich gestreckte Epidermiszellen sichtbar sind. Gegen letztere sind die Perispermzellen von der Peripherie aus radial angeordnet. Andere höher liegende Schnitte zeigen dieselbe Gewebsstruktur wie vorher, nur dass eine grössere Anzahl von Nebenwurzeln, deren ich acht zählte, und zwar vier grössere und dazwischen die Anlagen von vier kleineren vorhanden waren. Weitere Schnitte (Taf. II. Fig. 44b) liessen dieselbe Struktur und Verschiedenheit des Gewebes erkennen, nur mit der Ausnahme, dass, sobald man die Axenregion des Embryos überschritten hatte, der Cotyledon *f* sich nach seitwärts bog, so dass die Spitze desselben schliesslich nur einige Zelllagen von der Peripherie des ihn umgebenden, aus rundlichen Zellen bestehenden Gewebes *a* lag, welches an dieser Stelle einen nach aussen führenden Spalt *g* besass. Gleichzeitig waren von der Axe des Embryo aus um den Cotyledon stets eine Anzahl von Procambiumsträngen *e* sichtbar.

In den über dem Embryo ausgeführten Schnitten (Taf. II. Fig. 45) war der aus rundlichen Zellen bestehende, mit Procambiumsträngen und länglichen Epidermalzellen versehene Gewebskörper *a* wahrnehmbar, gegen welchen sich die Perispermzellen *d* von der Peripherie aus radienartig angeordnet zeigten. Der den Embryo umschliessende Zellkörper nahm nach oben an Umfang bedeutend zu, um sich dann, etwa in der Hälfte der Samenhöhe, wieder zu verjüngen und abzurunden. Die durch die äusserste

Samenspitze geführten Querschnitte zeigten keine besondere Anordnung der Zellen.

Bevor ich nun in der Beschreibung der eigenthümlichen hier obwaltenden Verhältnisse fortfahre, muss ich noch eine Mittheilung vorausschicken, welche mir von Herrn Dr. Tschirch gemacht wurde. Derselbe hatte nämlich auf seiner Reise in die Tropen 1888/89 beobachtet, dass bei den Zingiberaceen ein nach Bau und Funktion als Saugapparat aufzufassender Körper vorhanden ist, welcher bei der Keimung die Stoffe aus dem Albumen aufnimmt. Auch bei Canna, also den Marantaceen, hatte Herr Dr. Tschirch ein ebenso als Saugapparat fungirendes Gewebe beobachtet.[1]) — Es stand hier ausser Frage, dass das dem Embryo ansitzende, von Procambiumsträngen durchsetzte und mit ziemlich gestreckten Epidermiszellen versehene Gewebe nichts anderes als besagtes Saugorgan sein konnte, auf dessen nähere Beschreibung ich später eingehen werde. Zur weiteren Orientirung über die Anordnung des Perisperms machte ich nun mediane Längsschnitte (Taf. II. Fig. 46). In diesen bemerkte man in der Mitte des Samens von der Basis an den eine keulenartige Form zeigenden Gewebskörper *a* bis zur halben Höhe des Samens reichend; an der Basis desselben lag der mit dem nach seitwärts gebogenen Cotyledon *g* versehene Embryo. Um dieses Gewebe waren die Albumenzellen *d* deutlich radienartig angeordnet.

Die Perispermzellen *d* waren von der Peripherie aus in der Richtung zum Embryo und dem Saugorgan deutlich gestreckt, welche Streckung nach der Mitte zu abnahm, bis sie schliesslich in ein stark collabirtes, zusammengefallenes Gewebe *c* übergingen, welches an die Epidermiszellen des Saugorgans *x* grenzte. Der Inhalt der Perispermzellen bestand der Hauptsache nach aus dicht aneinanderliegenden, ovalen Stärkekörnchen, welche in ein Netz protoplasmatischer Fäden eingebettet waren, welch' letztere bei Behandlung der Schnitte mit Schwefelsäure deutlich sichtbar wurden.

Zur genauen Feststellung der Gestalt des Saugorgans präparirte ich dasselbe aus dem Samen heraus und machte die Beobachtung, dass bei den verschiedenen Cannaarten die Gestalt desselben variirt. Während in den kleinen Samen dieser Körper

[1]) Vergl. die diesbezüglichen Mittheilungen im Tageblatt der Heidelberger Naturforscherversammlung 1889.

eine vollkommen runde Keulengestalt zeigte, war dieselbe in den grösseren an einer Seite mehr oder weniger abgeplattet. An dem unteren Theile des Saugorgans fand sich ein deutlicher Spalt (Taf. II. Fig. 46, g), unter welchem, wie sich später an den Querschnitten herausstellte, der Embryo (Taf. II. Fig. 44b, f) sich befand.

Zur genaueren Orientirung fertigte ich nun von dem herauspräparirten, mit dem Embryo verbundenen Saugorgan, von der Basis anfangend, succedane Querschnitte an.

Die durch das Wurzelspitzchen geführten Querschnitte liessen in der Mitte eine Hauptwurzel mit zwei fast ebenso stark ausgebildeten Nebenwurzeln erkennen. Höher gelegene Schnitte zeigten ebenfalls die Hauptwurzel, aber mit mehreren (bis acht) Wurzelanlagen. Weitere bereits die Axe berührende Schnitte enthielten in der Mitte den Axentheil, von dem aus sich sechs bis sieben Procambiumstränge abzweigten. Bis hierher war das Gewebe des Saugorgans in festem Zusammenhang mit Wurzel und Axe des Embryo.

Die durch die Region des Cotyledon geführten Querschnitte zeigten deutlich die Blattanlagen nebst Vegetations-Kegel. Ein Zusammenhang des Embryo mit dem Saugorgan war hier nicht mehr vorhanden, sondern der Cotyledon wurde von demselben durch einen Spalt getrennt, welcher, die Peripherie erreichend, dort nach aussen trat. Es ist dies der bereits oben erwähnte bei mikroscopischer Betrachtung gefundene Spalt am unteren Ende des Saugorgans. Dicht um den Cotyledon befanden sich zuerst sechs bis sieben Procambiumstränge, deren Zahl aber, je näher man der Spitze desselben kam, durch Verzweigung auf zwölf bis vierzehn vermehrt war.

Die über dem Embryo ausgeführten Querschnitte enthielten stets eine vermehrte Anzahl von Procambiumsträngen, welche durch stets weitere Verzweigungen im grössten Umfang des Saugorgans auf 18 bis 22 stieg. Während sich zuerst die Procambiumstränge dicht um den Cotyledon befanden und von hier aus mehr die Mitte des Saugorgans durchzogen, zeigten sie nach oben eine ausserordentlich starke Ausbreitung nach der Peripherie zu.

Die Zellen des Saugorgans sind von rundlicher Gestalt, und wo drei derselben sich berühren, werden mit Luft erfüllte Interzellularräume gebildet. Die die Oberfläche des Saugorgans auskleidenden Epidermiszellen sind von gestreckter Form, meist

zwei bis zwei und einhalbmal so lang als breit und sind stark mit Eiweisssubstanz gefüllt, während die rundlichen Zellen des Saugorgans geringe Mengen Fett und Eiweiss enthalten. Die Membranen der Zellen sind dünn. Das die Epidermiszellen bedeckende, deutlich differenzirte Häutchen ist gegen Schwefelsäure resistent. Zinkchloridjodlösung brachte eine Färbung des Zellinhalts aber nicht der Membranen hervor. Die Procambiumstränge, welche das Gewebe durchzogen, indem sie aus der Axe austreten, dicht um den Cotyledon in die Höhe stiegen und sich auf diesem Wege stark gegen die Peripherie hin verzweigten, bestanden aus mehr oder weniger langgestreckten, parenchymatischen Zellen, welche sich durch ihren besonders starken Plasmareichthum auszeichneten und in derselben Weise, wie ich es später bei Mais genau beschreiben werde, endigten.

An den verschiedenen Keimungsstadien konnte ich folgende Beobachtungen machen:

Die Keimung fand in der Weise statt, dass das hypocotyle Glied sich sehr streckte, sodass der untere Theil mit dem Cotyledon herausgeschoben wurde, welch' letzterer aus dem bereits oben erwähnten Spalt hinauswuchs, während unten sich die Wurzel mit den Nebenwurzeln entwickelte und im Erdboden befestigte. In den jüngeren Keimungsstadien war noch keine Streckung der Epidermiszellen des Saugorgans zu bemerken; sobald aber die Keimpflanze zwei bis drei Blätter entwickelt hatte, konnte eine deutliche Streckung dieser Zellen, welche jetzt drei bis dreieinhalbmal so lang als breit waren, als auch ein Auseinanderweichen derselben am grösseren Umfange des Saugorgans bemerkt werden. In noch weiter vorgeschrittenen Stadien, in denen die Keimpflanze bereits mehrere Blätter entwickelt hatte, waren die Zellen oben abgerundet, keulenförmig stark gegen das Perisperm gestreckt. Das sehr collabirte Perispermgewebe lag stark aufgequollen dem Saugepithel dicht an. Der Inhalt der Perispermzellen löste sich auf und wanderte in den von den Zellzügen angedeuteten Bahnen zum Saugepithel, wurde hier aufgenommen und durch die Zellen des Saugorgans und die Procambiumstränge, welche sich, wie ich später noch bei den Procambiumsträngen des Mais beschreiben werde, zu deutlichen Gefässbündeln ausgebildet hatten, zum Embryo geleitet. — Der Zellinhalt bestand im Saugorgan jetzt aus grossen Mengen Fett.

Das durch die Beobachtungen am ruhenden wie keimenden Samen erhaltene Bild zeigt eine grosse Aehnlichkeit mit dem von Zea Mais, nur mit dem Unterschied, dass dort die Zellen des Reservestoffbehälters, des Endosperms, nicht wie hier eine deutlich stark markirte Streckung noch radiale Anordnung erkennen lassen; ferner dass die Wurzel nicht wie hier in direktem Zusammenhang mit dem Saugorgan steht, dass der Spalt, aus welchem der Cotyledon hervorwächst, hier offen ist, während er bei Zea Mais verschlossen ist, und dass der Gewebskörper den Embryo bei Canna vollkommen umgiebt, während er bei Zea Mais seitlich dem Schildchen anliegt.

Zea Mais.

Die an den Quer- und Längsschnitten zu beobachtende Struktur des Endosperms liess weder eine besondere Anordnung noch Streckung der Zellen erkennen, welche nur im entferntesten auf deutlich ausgesprochene Leitungsbahnen der sich bei der Keimung auflösenden Stoffe zum Embryo hin Anspruch machen konnten. — Das Endosperm zeigte dagegen hier eine verschiedene Beschaffenheit seiner Consistens, indem der ganze peripherische Theil desselben gelblich, hornartig und hart in dünnen Schichten durchsichtig ist, während die innere Partie, namentlich da, wo sie an das Scutellum grenzt, von lockerer, mehliger Beschaffenheit erscheint.[1]) Dies Verhalten hat darin seinen Grund, dass im Hornendosperm die einzelnen Stärkekörnchen so dicht aneinander liegen, dass sie als fast lückenlos zusammenschliessende Masse die Zellen erfüllen, oder nur dünne Plasmaschichten zwischen sich lassen, während sie im Mehlendosperm sich in einem locker gehäuften Zustande befinden; durch diese verschiedene Anordnung ist auch die Form der Stärkekörner bedingt, indem dieselben im ersteren Falle deutlich polyedrisch abgeplattet, im zweiten Falle rundlich sind. Ein Gleiches nimmt man beim Buchweizen wahr.[2])

Ueber die Bedeutung dieser Erscheinung äussert sich Tschirch:[3]) „Der Umstand, dass wir das Mehlendosperm stets in der Nähe des Keimlings finden, scheint darauf zu deuten, dass dies von physiologischer Bedeutung für die Pflanze ist. Thatsächlich wird denn auch dieser Theil des Endosperms, da die Stärkekörner

[1]) Pflanzenphysiologische Wandtafeln von Frank u. Tschirch. Taf. IV.
[2]) Tschirch, Stärkemehlanalysen II Arch. d. Pharm. 1885. pag. 521—526.
[3]) do. ebendaselbst.

hier isolirt liegen, den Auflösungsprocessen während der Keimung mehr Angriffspunkte darbieten, als das dichte Hornendosperm und gleichzeitig auch aus dem gleichen Grunde eine ausgiebigere Fortleitung der gelösten Rerservenährstoffe zu dem Keimling hin ermöglichen."

Ausserdem war die oberflächliche Ausbildung des Schildchens von Interesse, auf welchem sich das von Sachs bereits näher beschriebene und erläuterte Saugepithel befand, das gleichfalls, wie bei Canna, speciell dazu diente, die bei der Keimung aufgelösten Stoffe des Endosperms aufzusaugen, welche dann durch die Zellen des Schildchens und den vorhandenen Procambiumstrang dem Embryo zugeleitet werden. Die Zellen dieses Epithels streckten sich bei späteren Keimungsstadien keulenförmig, hyphenartig, um aus dem Endosperm die Stoffe besser aufnehmen zu können.

Derartig differenzirte Saugorgane sind ausserdem auch bei Hordeum, Triticum von Sachs, bei anderen Gramineen[1]) sowie Cyperaceen,[2]) Comelinaceen[3]) und Palmen nachgewiesen.

Was meine Aufmerksamkeit im besonderen Grade erregte, war der ausserordentlich verzweigte Procambiumstrang im Schidchen, über dessen genaue Verzweigungen, Endigungen derselben und Veränderungen beim Keimen die mir zu Gebote stehende Literatur keinen Aufschluss gab.

Um den Verlauf des Stranges und dessen Verzweigungen festzustellen, machte ich durch den Samen von der Radicula ausgehend succedane Querschnitte.

An den ersten Schnitten war nur das parenchymatische Zellgewebe des Schildchens zu bemerken. Weitere zeigten wieder dieses Gewebe zugleich mit Wurzel und Wurzelhaube und am äusseren Rande dünne, dem Epithel zugewandte Procambiumstränge, welche wohl nur als Verzweigungen eines Hauptstranges zu deuten waren. Die bereits den Uebergang des Würzelchens zur Plumula berührenden Querschnitte lassen einen nach unten gehenden Hauptstrang an seinem Austritte aus dem Axengewebe des Embryo und wiederum an der äussersten Seite des Schildchens viele kleine Verzweigungen wahrnehmen. Die darauf durch die Basis des Cotyledons und den oberen Theil des Schildchens ge-

[1]) Ebeling üb. Saugorgane endospermhaltiger Samen. Flora 9 u. 10. 1885.
[2]) Ebendaselbst.
[3]) Ebendaselbst.

führten Schnitte besassen mitten im Schildchen einen äusserst starken Procambiumstrang, während nach aussen, dem Saugepithel zu, sich viele kurze und längere Verzweigungen wahrnehmbar machten. In den oberen Schnitten zeigte sich der Procambiumstrang sehr verjüngt und lief hier in zwei nach entgegengesetzten Seiten sich trennende Verzweigungen aus. Die äusserste Spitze zeigte nur wieder das parenchymatische Gewebe des Schildchens ohne Strang. Aus den hier angeführten Beobachtungen ergab sich, dass das Schildchen von zwei Hauptprocambiumsträngen durchzogen wird, von denen sich der eine beim Austritt aus dem Axentheil nach oben hin abzweigt, während der andere sich nach dem unteren Theil des Schildchens verbreitet. Beide flossen im Axentheil des Embryo zu einem Strange zusammen. Weiterhin war klar, dass der nach oben abgehende Strang durch die Mitte des Schildchens bis fast zur Spitze desselben verlief und auf diesem Wege verschiedene Verzweigungen nach dem Epithel zu absandte. Der nach unten abgehende Strang verfolgte indessen nicht einen Weg durch die Mitte bis zur untersten Spitze, sondern schlug bald nach seinem Austritt aus der Axe eine schräge Richtung ein und löste sich in viele diese Richtung verfolgende stärkere und schwächere Verzweigungen auf.

Ob diese aus den Querschnitten gezogenen Schlüsse Berechtigung hatten, mussten die durch die Mitte des Schildchens gemachten Längsschnitte (Taf. II. Fig. 52 u. 53) erweisen. Die Richtigkeit obiger Folgerung geht aus ihnen deutlich hervor.

Die Verzweigungen des Haupststranges endigen meist zwei bis drei Zelllagen vor dem Saugepithel, und zwar stehen die Endzellen strahlenförmig auseinanderweichend auf einer oder zwei Zellen des subepidermalen Schildchengewebes, ähnlich wie die Trichterzellen am Assimilationsgewebe (Taf. II. Fig. 54).

Im oberen Theil des Schildchens (Taf. II. Fig. 52) bemerkt man links und rechts eine verschiedene Anordnung der Zellen. Während die dem Epithel zugewandte Seite nur ein parenchymatisches Gewebe isodiametrischer Zellen erkennen lässt, findet sich auf der dem Cotyledon zugewandten Seite eine verschiedene Anordnung der Zellen. Der obere an der Spitze befindliche Theil besteht aus demselben Gewebe wie vorher, wohingegen die Zellen im unteren Theil dieser Partie gestreckt in schräger Richtung

gegen den Strang verlaufen (Taf. II. Fig. 52, b). Die im unteren Theil befindlichen nach dem Saugepithel zu gerichteten Zellen haben, ohne eine besondere Streckung zu zeigen, eine strahlenförmige Anordnung (Taf. II. Fig. 52, g).

Ich trat nun an die Lösung des dritten Punktes, welche Veränderungen der Bau dieses Procambiumstranges während der Keimung erfährt.

An Keimungsstadien, in denen der Cotyledon noch im Samen steckte, während das Würzelchen nur wenig herausgetreten war, zeigte sich in den Längsschnitten, dass die Zellen des Procambiumstranges sich mehr in die Länge gestreckt hatten, während die an den äusseren Partien befindlichen, dem Gewebe des Schildchens angrenzend, bereits eine geringe Gefässbildung erkennen lassen. Es waren, wenn auch nur sehr zarte, doch deutliche Spiral- und Ringablagerungen an den Membranen bemerkbar, während die Querwände der einzelnen Zellen noch vollkommen intakt erschienen. Eine mit Phloroglucin und Salzsäure vorgenommene Reaction liess noch keine Verholzung der Gefässwand wahrnehmen.

In Keimungsstadien, wo der Cotyledon 1 ctm. und Radicula 2 ctm. lang waren, hatte sich der Procambiumstrang bereits bedeutend verändert. Die Gefässbildung hatte stark zugenommen, die ganzen Seitenpartien des Stranges waren in ziemlich stark ausgebildete Spiral- und Ringgefässe übergegangen. Die Querwände waren in den äusseren Partien vollkommen geschwunden. Eine mit Phloroglucin angestellte Reaction zeigte eine starke Verholzung der Gefässwandungen in der äusseren Partie des Stranges, während nach innen zu die Reaction schwächer wurde. Die zwischen den seitlichen Gefässpartien befindlichen Zellen waren sehr lang gestreckt und zeigten häufig eine siebröhrenartige Gestalt, an welcher aber keine Durchbrechungen zu constatiren waren. Der Plasmareichthum dieser Zellen ist ein sehr bedeutender.

An Keimungsstadien, wo die Wurzel 8—13 ctm. und die Axe 6—9 ctm. lang waren, ist die Gefässbildung noch weiter vorgeschritten, so dass häufig an einzelnen Stellen der Strang der ganzen Breite nach nur Gefässe enthielt. Die Reaction auf Verholzung der Gefässwandungen trat in diesen Stadien sehr deutlich ein. Die nicht in Gefässe verwandelten Zellen waren

theils siebröhrenartig, theils parenchymatisch. In ersteren hatte sich besonders an den Enden viel Plasma angesammelt. An den Verzweigungen der Hauptstränge war ebenso, wie an diesen selbst, eine Verholzung der auch hier gebildeten Gefässe wahrnehmbar.

Ein Querschnitt (Taf. II, Fig. 55) des Stranges lässt im Innern parenchymatisches Gewebe erkennen, welches aussen von Gefässen umgeben ist.

In derselben Weise, wie hier angegeben, fand auch die Gefässbildung in den Procambiumsträngen des Saugorgans von Canna statt.

In den Procambiumsträngen war niemals Stärke nachzuweisen.

Aus diesen Beobachtungen ergiebt sich, dass das ganze System der Procambiumstränge hauptsächlich mit dazu dient, die eiweisshaltigen Stoffe, welche aus dem Endosperm stammen und vom Saugepithel aufgenommen werden, zum Embryo hinzuleiten, während die Lösungsprodukte der Stärke hauptsächlich in dem parenchymatischen Gewebe des Schildchens wandern, dessen Zellen, wie bereits bekannt, durch eigenthümlich rosettenartig angeordnete Tüpfel ausgezeichnet sind; ferner, dass dieser anfangs im ruhenden Samen aus mehr oder weniger gestreckten parenchymatischen Zellen bestehende Strang sich im Verlaufe der Keimung vollständig zu einem Gefässbündel umbildet, dessen ausnehmend viele, gegen das Saugepithel gerichtete Verzweigungen, den Zweck haben, die Wanderung der Stoffe schnell und auf kürzestem Wege zu bewerkstelligen.

§ IV.

Uebersicht.

Ich komme nun nach den bisher an den verschiedenen Samen gemachten Beobachtungen, womit der erste Theil meiner Arbeit endigt, zu nachstehenden Schlussfolgerungen.

I. Der anatomische Bau des Eiweissgewebes steht auch in einer ernährungsphysiologischen Bedeutung zum Embryo.

II. Es ist möglich, nach den erhaltenen Resultaten vier Typen aufzustellen, welche diese Beziehungen näher erläutern und zwar:

a) Bei grösseren Samen, mit kleinem mehr oder weniger central gelegenen Embryo, zeigt der Bau des Eiweissgewebes meist eine besondere Anordnung (strahlenförmig,

bogenförmig) und eine mehr oder weniger deutliche Streckung der Albumenzellen zum Embryo hin. Es werden hierdurch die Bahnen angedeutet, in welchen die bei der Keimung aufgelösten Stoffe zum Embryo hin wandern. Meist findet sich in diesen Samen ein Spalt oder es wird ein solcher bei der Keimung gebildet, gegen welchen sich gleichfalls dieselbe Anordnung und Streckung der Albumenzellen wie oben angedeutet, markirt, und welcher dazu dient, die heranwachsenden Cotyledonen aufzunehmen, diese so viel als möglich mit dem Albumen in Berührung zu bringen, um die Stoffaufnahme zu beschleunigen und zu erleichtern.

b) In sehr kleinen Samen, deren Endosperm aus wenigen Zelllagen gebildet wird, und welche eine ausserordentlich reiche Tüpfelung der Wände besitzen, ist eine derartige Streckung und Anordnung der Albumenzellen nicht vorhanden, da hier schon durch die starke Tüpfelung der Zellmembranen eine genügend schnelle Leitung der Stoffe zum Embryo hin bei der Keimung bewirkt wird.

c) Auch in Samen, deren Endospermgewebe dünne Zellmembranen aufweist und dessen Eiweiss durch die spiralig gewundene Lage des Embryos von demselben durchsetzt wird, so dass es überall mit ihm in sehr nahe Berührung kommt, ist eine derartige wie unter a beschriebene Anordnung und Streckung der Zellen nicht nöthig, da ja hier ohnedies aus den oben angeführten Gründen eine schnelle Zuleitung der bei der Keimung aufgelösten Stoffe zum Embryo hin stattfindet.

d) Hin und wieder findet sich eine radienartige Anordnung und Streckung der Albumenzellen, verbunden mit einem deutlich differenzirten Saugapparat, welche beide durch ihr Zusammenwirken die Leitung der Stoffe zum Embryo hin vermitteln; oder Stoffaufnahme und Leitung wird nur durch ein Sauggewebe allein vermittelt.

III. Das Gewebe um den Embryo, welches die Grenzschicht des Endosperms gegen diesen hin bildet, und dem ich, weil es beim Keimen stark aufquillt und sich dicht an die die Stoffe aufnehmende Epidermis des Embryo anlegt, den Namen „Quellgewebe“ beilegen möchte, kommt an dem Endosperm

(bz. Perisperm) aller endospermhaltigen Samen, deren Embryo besondere Saugapparate zur Aussaugung der Endosperms nicht besitzt, vor. — Das Quellgewebe vertritt hier gewissermassen physiologisch das Saugorgan.

II. Theil.

Um festzustellen, ob das unter Paragraph 4a im ersten Theil der Arbeit beschriebene anatomisch physiologische Bild der Endospermstruktur ausreichend durch wachsthumsmechanische Ursachen erklärt werden kann, oder ob auch noch andere Ursachen vorhanden sind, welche ein derartiges Zustandekommen der Endospermstruktur bedingen, war es nöthig, zwecks Lösung dieser Frage die Vorgänge bei der Bildung des Endosperms näher zu studiren.

Von den zur Untersuchung benutzten Samen wählte ich Anthriscus silvestris, Helleborus niger und Lonicera Caprifolium. Von letzterem Samen ist die Endospermbildung durch Hegelmaier[1]) sehr genau studirt worden, so dass ich die von diesem Autor darüber gemachten Angaben kurz citiren werde.

Schon Hegelmaier[2]) stellte als Resultat seiner Untersuchungen über die Morphologie des Dicotyledonenendosperms verschiedene Typen auf, nach denen sich die Bildung desselben vollzieht.

a. Allseitig peripherischer Typus,
b. simultan peripherischer Typus,
c. endogener Typus.

Ausserdem finden sich Formen, welche zwischen diesen Typen liegen, indem der eine oder andere bei der statthabenden Endospermbildung mehr zur Geltung gelangt.

Bei den von mir vorgenommenen Untersuchungen hielt ich mich an die von Hegelmaier[3]) in seiner Abhandlung über Morphologie des Dicotyledonenendosperms angegebene Reihenfolge und zwar a. Bildung der Endospermkerne, b. Constituirung der

[1]) Bot. Ztg. 1886 No. 31—34.

[2]) Nova acta der Kais. Leop. Car. Acad. der Naturforscher Bd. 49, pag. 85—86.

[3]) Nova acta d. Kais. Leop. Car. Acad. d. Naturforscher Bd. 49, pag. 6.

ersten Zellen des Endosperms, c. Aufbau eines mehr oder weniger massigen Gewebskörpers aus diesen Anfängen, d. Rückbildungsvorgänge, wie sie im Endospermmnern vor der Samenreife stattfinden können.

Anthriscus silvestris.

Der Längsschnitt durch die Samenknospe zeigte den mit einem Integument bedeckten länglich gestreckten Keimsack, welcher sich am Chalazaende zu einem dünnen Spalt verjüngte. Der Embryosackkern lag in einzelnen Fällen wandständig im Plasmabelag des Keimsacks, häufig auch dem Eiapparat genähert. — Der ziemlich grosse Nucleolus besass eine Vacuole, durch deren Dehiscens das Zerfallen desselben in mehrere Stücke veranlasst wurde.

Bei der hierauf bald stattfindenden Theilung des Kerns vergrössert sich der Keimsack wie der darin befindliche Plasmabelag, in welchem die Kerne sich stark vermehren und in annähernd gleichen Abständen sich anordnen. Zwischen diesen bildeten sich, von der Chalaza nach der Mikropyle zu fortschreitend, zarte Wände und theilen den Plasmabelag in polygonal-tafelförmige Zellen. Nach dieser Theilung beginnt das Dickenwachsthum mit der dabei stattfindenden Schichtenbildung. — Während des Wachsthums des Endosperms in centripetaler wie centrifugaler Richtung, welch' letzteres mit Integumentverdrängung besonders an der stärkeren Placentarseite verbunden ist, vergrössert sich der Keimsack noch bedeutend.

Die fernere Entwicklung findet nun in der Weise statt, dass sich die Zellen der Erstlingsschicht bedeutend am ganzen Umfang des Keimsacks gleichmässig radial strecken und sich dann durch correspondirende perikline Scheidewände theilen, darauf tritt an der Placentarseite nochmals in der äusseren Zellschicht durch correspondirende Scheidewände eine Theilung ein und in der jetzt äusseren Schicht findet wiederum eine Zelltheilung von fünf nebeneinanderliegenden Zellen statt.

Die sich entgegenwachsenden Endospermzellen strecken sich stark in radialer Richtung und schliessen den zwischen ihnen liegenden Raum, indem sie sich mit ihrer glatten Oberfläche berühren; wo letzteres stattfindet, erkennt man in der ersten Zeit eine deutliche Linie, welche aber später bei weiterer Theilung

der langgestreckten radialen Zellen mehr und mehr verschwindet, so dass sich im reifen Samen schliesslich hier nur einige Reihen isodiametrischer Zellen constatiren lassen.

Der an der Chalaza befindliche kleine enge Spalt scheint von der Endospermbildung ausgeschlossen zu sein, da derselbe in späteren Stadien verschwunden war.

In ähnlicher Weise geht auch nach Hegelmaier die Bildung des Endosperms von Archangelica vor sich.

Helleborus niger.

Längsschnitte durch die Samenknospe zeigten einen mehr rundlichen an der Mikropyle engen Keimsack. Dem Eiapparat gegenüber befanden sich an der Chalaza die ausserordentlich grossen Antipoden. Der Embryosackkern war in einer Plasmamasse unweit der Antipoden eingebettet und durch Plasmastreifen mit dem Wandbelag verbunden. Die erste Kerntheilung fand in dem Plasmabelag statt, dessen Plasmamasse sich dann mit den getheilten Kernen in den Wandbelag zurückzog, wo eine weitere Vermehrung der Kerne sowie eine gleiche Anordnung der letzten wie bei Anthriscus stattfand. Darauf trat hier eine Erscheinung ein, wie sie sich bei Anthriscus nicht zeigte, wie sie aber von Strasburger bereits bei Agrimonia und Myosurus, von Hegelmaier bei Adonis und Caltha u. a. beobachtet ist. Das um die einzelnen Kerne befindliche Plasma ordnete sich strahlenförmig an, so dass jeder derselben den Mittelpunkt einer Sonne bildete. Die strahlenbildende Plasmamasse zeigte eine deutliche körnige Beschaffenheit. In den Zwischenräumen und zwar da, wo die Strahlensysteme der Kerne aneinander grenzten, wurden feine, zarte Linien sichtbar, welche sich in weiteren Stadien zu deutlichen Scheidewänden ausgebildet hatten. Es folgte nun darauf wieder das mit Schichtenbildung verbundene Dickenwachsthum, welches zur Ausfüllung des Keimsacks führte.

Die Region des sehr kleinen Vorkeims, welcher sich sehr gering entwickelte, wurde bald von dem sich bildenden Gewebe ausgefüllt. In dem unteren Theil dieser Region, dem sehr engen Mikropyletheil, findet keine deutliche Reihenbildung der Zellen statt. In geringer Entfernung von dem unteren Theil des Vorkeims war eine nach oben sich fortsetzende Reihenbildung von Peri- und Anticlinen zu constatiren. Es stimmt dies auch mit

den am reifen Samen gemachten Beobachtungen. Am unteren Ende des Keims, dem Würzelchen, zeigt sich nur ein aus isodiametrischen Zellen bestehendes Gewebe, während in der Cotyledonarzone schon eine radienartige Anordnung und Streckung der Zellen in den äusseren Schichten hervortritt, welche nach oben bedeutend zunimmt. — Nachdem die erste Zelllage des Endosperms sich in radialer Richtung gestreckt, wird jede Zelle in eine peripherisch engere und in eine sich schnell wieder in radialer Richtung streckende, durch eine perikline der Membran des Keimsacks parallele Scheidewand getrennt. Die Membranen zeigen sich in den ersteren Theilungsvorgängen mehr correspondirend, was aber, je weiter die Schichtenbildung nach der Mitte zu fortschreitet, abnimmt. Gleichzeitig findet aber noch eine Vergrösserung des Endosperms durch Verdrängung des Integumentes statt, wobei gestreckte Zellen mit meist correspondirenden Scheidewänden gebildet werden. Vorwiegend gehen die Theilungsvorgänge in centripetaler Richtung vor sich.

Um nun die Berührung der Zellen und den Verschluss des noch offenen Mittelraums zu ermöglichen, wachsen einzelne Zellen ihren benachbarten voraus in den Raum hinein, indem sie sich weit in den Raum hineinstrecken und sich mit ihren spitzen Enden ineinanderschieben und so einen Verschluss des Raumes zu Stande bringen.

Das Ueberwachsen der einzelnen Zellen dürfte hier wohl denselben Grund haben, wie es Hegelmaier[1]) bei Adonis wahrgenommen, indem sich die Scheidewand zweier Zellen in Lamellen spaltet, wodurch die beiden Zellen dispouirt sind, durch Streckung sich gegenseitig zu überholen und unabhängig von einander zu verlängern.

Die Anordnung des Plasmas vor der Zelltheilung, das Zwischeneinandergreifen der von den verschiedenen Seiten nach innen zu wachsenden Zellen und das Uebergipfeltwerden einiger Radialreihen von Zellen, ihren benachbarten gegenüber, findet bei Anthriscus nicht statt und dennoch wird ein gleiches anatomisch physiologisches Bild wie hier im reifen Samen erhalten.

Lonicera Caprifolium.

In Bezug auf Endospermbildung von Lonicera sagt Hegelmaier[2]) Folgendes:

---

[1]) Nova acta Bd. 49. pag. 19.

[2]) Bot. Ztg. 1886. No. 31—34.

„Der Protoplast des breitspindelförmigen, bloss von dem dicken Integument umschlossenen, Keimsacks, bildet vor der Befruchtung seiner Hauptmasse nach einen ziemlich dünnen, wandständigen Schlauch; den Kern fand ich nicht im Mittelraum aufgehängt, sondern unmittelbar an dem Eiapparate etwas seitlich, zunächst der Peripherie des Keimsacks angeheftet und hier in eine kleine, an jenen Schlauch grenzende Ansammlung von Plasma eingeschlossen.

Die Zwei- und Viertheilung des Kerns erfolgt unter Vergrösserung auf das Dreifache seiner Durchmesser, wobei sich die Kerne in dem Plasmasack halten, und dieser etwa die gleiche Dicke beibehält; dass er während dessen seine Masse ganz beträchtlich vermehrt, folgt aus seinem mit der Erweiterung des Keimsacks gleichen Schritt haltenden Flächenwachsthum. — Auch nachdem die Zahl der Kerne durch weitere, jetzt sehr rasch erfolgende Vermehrung, eine sehr beträchtliche geworden ist, hat der Protoplasmakörper, in welchem sich die Kerne in der gewöhnlichen Weise gleichmässig vertheilen, dieselbe Form; nun aber erfolgt in seiner Substanz die Bildung zahlreicher kleiner Vacuolen und der ganze geschlossene Sack bildet jetzt bei Flächenansichten das Aussehen eines Netzes mit abgerundeten Maschen und breiten, die Kerne theils in den Knotenpunkten, theils in beliebigen anderen Lagen eingebettet haltenden Trennungsleisten dar; Durchschnitte, namentlich in der Querrichtung, lassen keinen Zweifel, dass die Vacuolen nach aussen und innen durch dünne Schichten plasmatischer Substanz geschlossen sind. Bis hierher ist der Entwickelungsverlauf ein solcher, dass eine Gewebebildung nach dem gewöhnlichen peripherischen Typus folgen könnte, da auch in manchen Fällen dieser Art (Adonis, Euphorbia) Vacuolisirung eines Protoplasmaschlauches seinem Zerfall in Zellen vorausgeht. Die Masse des Protoplasmakörpers ist unter erheblicher Verdickung desselben weiter herangewachsen: offenbar durch Material aus den der Erweiterung des Keimsacks zum Opfer fallenden inneren Lagen des Integuments; eine Theilung in Zellen hat aber noch nicht stattgefunden. Nun mit einem Male, anscheinend mit einem Schlage, zeigt sich der ganze Raum des Keimsacks mit einem Zellengerüste erfüllt. — Die Zellen zeigen Form- und Strukturverhältnisse, welche von denen solcher Endospermzellen, die als peripherische Erstlingsschicht und als Produkte

deren centripetaler Theilung entstehen, auffallend contrastiren. Sie sind von sehr beträchtlicher Weite und sehr unregelmässigen Formen, die Trennungswände unter den verschiedensten oft spitzen Winkeln einander aufgesetzt; sie besitzen nur einen dünnen wandständigen, vielfach unterbrochenen Plasmaleib und diesem eingesetzten Kern und sind daher zum grössten Theil von einer Vacuole erfüllt. Die meisten dieser Zellen liegen mit ihren Aussenwandungen an der Peripherie des jungen Endospermkörpers, doch werden in den meisten Querschnitten desselben, welche in diesem Stadium gemacht werden, auch einzelne Zellen sichtbar, die von anderen umschlossen werden. Für letztere ist die Möglichkeit einer schon jetzt erfolgten Tangentialtheilung zwar nicht geradezu ausgeschlossen, allein es lässt sich eine solche auch durchaus nicht beweisen und im Uebrigen lässt sich die Anlegung neuer Zellen für den vorliegenden Fall leicht begreifen.

Sucht man die Entstehung des eben beschriebenen Zustandes aus dem Vorhergehenden durch Ausfindigmachen vermittelnder Stadien klar darzulegen, wobei vorzugsweise Querschnitte der weichen in der Bildung begriffenen Gewebkörper anzuwenden sind, so lässt die Vergleichung in offenbarer Continuität stehender Gestaltungen keinen Zweifel, dass die Zellräume wesentlich aus den in dem Protoplasmaschlauch aufgetretenen Vacuolen ihren Ursprung nehmen, die Platten des Wandungsgerüstes in den trennenden Leisten des plasmatischen Maschenwerks durch Umwandlung eines Theils der Substanz derselben entstehen. Jene Vacuolen erfahren in einem bestimmten Zeitpunkt eine schnelle Erweiterung, die sie trennenden Plasmaleisten starke centripetale Dehnung, wobei ganz leicht einzelne der safterfüllten Räume eine solche Verschiebung erfahren können, dass sie nicht mehr peripherisch gelagert sind. Indem nun das plasmatische Netzwerk von allen Seiten her im Innern zusammenstösst, wird der Keimsack mit einem ihn sofort in Fächer abtheilenden Gerüste von Lamellen erfüllt und damit die Grundlage eines geschlossenen Gewebskörpers hergestellt. Bei dem jetzt erfolgenden Wachsthum des geschlossenen Gewebskörpers, welches selbstverständlich in vorwiegend centrifugaler Weise doch auch unter den erforderlichen intercalaren Zelltheilungen erfolgt, tritt eine etwas geregeltere Anordnung der zelligen Elemente, als sie anfangs bestand, speciell Radialreihenbildung in den jeweils äusseren Schichten hervor.“

Auch diese Art der Endospermbildung unterscheidet sich ganz bedeutend von den beiden vorhergehenden und dennoch tritt uns hier in dem reifen Samen ein gleichwerthig anatomisch physiologisches Bild entgegen, wie wir es bei Anthriscus und Helleborus fanden.

Es wäre nun noch einer im Innern des Endosperms sich vollziehenden Wandlung Erwähnung zu thun, welche entweder eine Spaltenbildung bedingt, oder doch eine solche vorbereitet, welch' letzteres besonders Samen mit hornigem Endosperm bei der Keimung zu statten kommt.

Dass diese Bildung des Spalts oder die Collabirung des Gewebes, welche sich inmitten vieler, besonders mit Hornendosperm versehener Samen findet, wesentlich mit Rückbildung verbundene Gewebsveränderungen sind, welche ohne irgend einen Zusammenhang mit der Vorkeimentwicklung beginnen und auch weiterhin in keinem solchen stehen, ist bereits von Hegelmaier bei Lonicera,[1]) Viburnum,[2]) Polygonum,[3]) Atropa und einigen Rubiaceen[4]) nachgewiesen. Diese Rückbildungen sind nach Hegelmaier als autonome Processe[5]) zu betrachten, wie irgend welche andere Erscheinungen analoger Art in verschiedenen Theilen der Gewächse.

Bei Anthriscus silvestris war es mir möglich in dem noch grünen aber bereits ziemlich weit entwickelten Samen eine ähnliche Rückbildung, welche sich nur auf Collabirung des Gewebes beschränkte, zu erkennen. In dem deutlich geschlossenen Gewebskörper zeigte sich in der Mitte des Samens in halber Höhe beginnend eine Lage isodiametrischer Zellen, deren Wandungen hell und dünn erschienen, zum Theil mehr oder weniger zusammengefallen waren und deren Inhalt gelöst war. Der Zusammenhang dieser Zellen war ein ziemlich lockerer. Mit Zinkchloridjodlösung wurden die Membranen blau gefärbt. Der Keim war hier noch wenig entwickelt, so dass eine Beeinflussung auf diesen Theil des Samens wohl ausgeschlossen war.

---

[1]) Bot. Ztg. 1886. No. 31—34.
[2]) Ebendaselbst.
[3]) Nova acta Bd. 49. pag. 58.
[4]) Bot. Ztg. 1886. No. 31—34.
[5]) Ebendaselbst.

Bei Lonicera, welchen Samen ich in beiden Theilen meiner Arbeit erwähnte, entsteht der Spalt nach Hegelmaier's[1]) Angaben, welche ich hier kurz anführen will, folgendermaassen:

Das Endosperm von Lonicera Caprifolium besitzt einen Aufbau, welcher von vornherein die Möglichkeit ausschliesst, dass etwa eine Spalte im Innern entstehen könnte durch unvollständiges Zusammenstossen und unterbleibende Verwachsung zweier peripherisch angelegter und centripetal wachsender Gewebsschichten. Das Innere des eben angelegten Endospermkörpers bildet ein homogenes Gerüst von Zellen mit auf das Mannigfaltigste und Unregelmässigste zwischen einander greifenden Elementen. Dieser Gewebskörper hat um die Zeit, wo die Veränderungen in seinem Innern sichtbar werden, einen kurz elliptischen, nur wenig in der Richtung der Medianebene des Samens gestreckten Querschnitt. Indem derselbe nun centrifugal, unter Hervortreten antikliner Zellenzüge in den jeweils äusseren Schichten wächst, scheidet sich in seinem Innern eine im Querschnitt gleich gestaltete Partie von der peripherischen Substanz; in jener verdünnen sich die Zellwandungen zu grosser Zartheit; die inneren Wandungsschichten werden unter Verquellung aufgelöst, so dass blos die Grenzschichten zurückbleiben, und der Plasmakörper und der übrige Inhalt der Zellen rückt in die fortwachsenden äusseren Schichten hinein. Diese letzteren ziehen ausserdem die Stoffe aus dem von innen her schwindenden Integument an sich, welches schliesslich bis auf die äusserste Zellenschicht und eine unter dieser übrig bleibende aus den zerdrückten, nächstgelegenen Integumentzelllagen bestehende sich bräunende Lamelle aufgezehrt wird. Es ist ausdrücklich zu bemerken, dass die vorhin erwähnte Veränderung des Innern des Endosperms ausser allem sichtbaren Zusammenhang mit der Vorkeimentwicklung beginnt und auch weiterhin in keinem solchen steht; erst in der Folge schiebt sich der verhältnissmässig spät entstehende Keim in den im Endosperm vorbereiteten, spaltenförmigen Raum ein, welcher sich bei seiner axilen Lage von selbst zu seiner Aufnahme darbietet und welchen er dann in seinem obersten Theile ausfüllt. Aus jener, ursprünglich im Querschnitt rundlichen elliptischen, scharf abgegrenzten inneren Gewebspartie wird im weiteren Verlaufe eine enge, in der Richtung

[1]) Bot. Ztg. 1886. No. 31—34.

des Medianschnittes des Samens verlaufende Spalte, welche nur noch Reste zerdrückter Zellen enthält, indem das verödete Gewebe von den umgebenden Theilen in transversaler Richtung zusammengedrückt und der späteren plattgedrückten Form des Samens angepasst wird.

Bezüglich der Entstehung des Spalts bei den Rubiaceen (Galium und Asperula) führe ich auch nur kurz Hegelmaier's[1]) Beobachtungen an, weil es wegen des im ersten Theil der Arbeit behandelten Samens von Coffea arabica, der ja auch zu dieser Familie gehört und gleichzeitig einen Spalt bildet, von Interesse sein dürfte. Hegelmaier sagt: „Das ausgewachsene Endosperm erfährt jetzt diejenige Veränderung, welche ihm sogenannte hornartige Härte verleiht; seine zarten, weichen Zellenwände werden rasch verdickt unter Bildung weiter Porenkanäle mit ziemlich dicken Schliesshäuten und abgerundeten Umrissen, so dass die Zellenhöhlen eine vielfach ausgebuchtete Form erhalten. Von dieser Verhärtung bleibt aber ausgeschlossen eine sehr scharf abgegrenzte, im Innern des Endosperms gelegene Gewebspartie von der Gestalt einer ziemlich weiten transversal verlaufenden Spalte, welche in ihrem longitudinalen Zuge der Wölbung des Endospermkörpers folgt und sich weit in den oberen und unteren Theil hinein erstreckt, ohne indess bis in die äusserste stärkere umgebogene Randpartie zu reichen. Im Bereiche des erwähnten spaltenförmigen Stückes werden die Endospermzellwände nicht nur nicht verdickt, sondern unter Verschleimung aufgelöst bis zum fast spurlosen Verschwinden. Und zwar kennzeichnet sich diese Rückbildung als eine durchaus autonome; sie erfolgt ehe der Keim so herangewachsen ist, dass er durch Berührung und parasitenartige Action auf das zu Grunde gehende Gewebe wirken konnte. Derselbe befindet sich nämlich beim Eintritt der Differenzirung im untersten Ende der sich abgrenzenden Schwundpartie und rückt erst nachträglich während seines Heranwachsens in den für ihn geschaffenen Raum ein, wobei nicht ausgeschlossen ist, dass ihm die bei der Gewebeauflösung disponibel werdende Substanz zu gut kommen mag.“

Es ist wohl zweifellos, dass die Spaltenbildung bei Coffea in derselben Weise vor sich geht, nur wird hier noch das zarte,

[1]) Bot. Ztg. 1886. No. 31—34.

sich scharf markirende Gewebe des Zellstranges, welches ja partiell ebenfalls Collabirungen und Auflösung der Zellen erkennen lässt, in Folge geringen Wachsthums des Keimes während des Samenzustandes erhalten.

Ich schliesse hiermit nun den zweiten Theil meiner Arbeit und komme nach den hier mitgetheilten Untersuchungen zu folgenden Schlüssen:

I. Das anatomisch physiologische Bild, wie es uns im ersten Theil der Arbeit an den Quer- und Längsschnitten des Endosperms vieler Samen entgegentritt, nämlich die Streckung und radiale Anordnung der Zellen zum Embryo hin, kann nicht allein durch wachsthumsmechanische Ursachen erklärt werden, sondern die Entstehung desselben wird auch von physiologischen Bauprincipien beherrscht, welche in der Leitung und schnellen Beförderung der bei der Keimung aufgelösten Stoffe zum Embryo in den durch die gestreckten, radial angeordneten Zellen angedeuteten Bahnen ihren Ausdruck finden.

II. Die Rückbildung, welche im Innern des Endosperms vieler Samen stattfindet und welche eine Spaltbildung oder Vorbereitung einer solchen bedingt, steht gleichfalls in einer ernährungsphysiologischen Bedeutung zum Embryo, indem hiermit für denselben eine Erleichterung des Wachsthums und der Stoffaufnahme geschaffen wird.

Erklärung der Figuren.

Tafel I.

Die Schraffirungen deuten die Streckung und Anordnung der Zellen an.

Fig. 1. 2. 3. Querdurchschnitte des Samens von Foeniculum offfcinale, *a.* Endosperm, *b.* collabirtes Gewebe (Quellgewebe), *c.* Embryo, *e.* (Fig. 3) isodiametrische Zellen.

Fig. 4. Tangentialer Längsdurchschnitt, *a.* Endosperm, *b.* collabirtes Gewebe, *c.* Embryo, *d.* Spalt, *e.* isodiametrische Zellen.

Fig. 5. Keimungsstadium. Das Hineinwachsen der Cotyledonen in den durch Auflösung der isodiametrischen Zellen entstandenen Spalt zeigend.

Fig. 6. Querdurchschnitt des Samens von Berberis vulgaris. *a.* Endosperm, *b.* collabirtes Gewebe, *c.* Embryo.

Fig. 7. Längsdurchschnitt des Samens von Berberis vulgaris. *a.* Endosperm, *b.* collabirtes Gewebe (Quellgewebe), *c.* Spalt, *d.* Embryo.

Fig. 8. 9. Querdurchschnitte des Samens von Nigella sativa. *a.* Endosperm, *b.* collabirtes Gewebe (Quellgewebe), *c.* Embryo.

Fig. 10. Längsdurchschnitt des Samens von Nigella sativa. *a.* Endosperm, *b.* collabirtes Gewebe, *c.* Embryo, *d.* Spalt, *e.* isodiametrische Zellen.

Fig. 11. Querdurchschnitt des Samens von Colchicum autumnale. *a.* Endosperm, *b.* collabirtes Gewebe in der Mitte des Samens und um den Embryo, *d.* intaktes Gewebe zwischen Mitte des Samens und Embryo.

Fig. 12. Längsdurchschnitt des Samens von Colchicum autumnale. *a.* Endosperm, *b.* collabirtes Gewebe in der Mitte des Samens, *c.* collabirtes Gewebe um den Embryo, *d.* intakte Zellpartie zwischen Embryo und Mitte des Samens.

Fig. 13. Querdurchschnitt des Samens von Sabadilla officinalis *a.* Endosperm, *b.* collabirtes Gewebe, c. Embryo.

Fig. 14. Längsdurchschnitt des Samens von Scilla maritima. a. Endosperm, b. collabirtes Gewebe, *c.* Embryo, *d.* Spalt, *e.* isodiametrische Zellen.

Fig. 15. Querdurchschnitt des Samens von Scilla maritima. *a.* Endosperm, *b.* collabirtes Gewebe, *c.* Embryo.

Fig. 16. Querdurchschnitt des Samens von Lilium Martagon. *a.* Endosperm, *b.* collabirtes Gewebe mit Spalt, *c.* Embryo, a^1. gestreckte getüpfelte Endospermzellen, a^2. isodiametrische Zellen

Fig. 17. Längsdurchschnitt des Samens vonLilium Martagon. Bezeichnung wie vorher.

Fig. 18. 19. Querdurchschnitte des Samens von Coffea arabica. *a.* Endosperm, *b.* Quellgewebe, *c.* Embryo, *d.* Zellstrang, *e.* Spalt.

Fig. 20. Tangentialer Längsdurchschnitt des Samens von Coffea arabica. *a.* Endosperm, *b.* Zellstrang, *c.* Quellgewebe, *d.* Spalt, *e.* Embryo.

Fig. 21. 22. Querdurchschnitte des Samens von Piper nigrum. *a.* Endosperm, *b.* Quellgewebe, *c.* Embryo, *d.* Perisperm, *e.* Hohlraum, *f.* Gewebsüberreste.

Fig. 23. Längsdurchschnitt des Samens von Piper nigrum. Bezeichnung wie vorher. *g.* Kanal.

Fig. 24. Füllgewebe aus dem Hohlraum eines jungen Samens von Piper nigrum, bei *a* intact, bei *c* an das Perisperm grenzend in Rückbildung.

Fig. 25. Füllgewebe aus dem Kanal eines Samens von Piper nigrum, bei *c* und *b* in Rückbildung.

Fig. 26. Füllgewebe stark in Auflösung begriffen, die in der Mitte befindlichen Zellen bereits inhaltslos, die übrigen abgerundet auseinanderweichend.

Fig. 27. 28. Querdurchschnitte des Samens von Fagopyrum esculentum. *a.* Endosperm, *b.* Cotyledonen, *c.* Embryoaxe, *e.* Quellgewebe.

Fig. 29. 30. Querdurchschnitte der Samen von Rumex olympiacus. *l.* Endosperm, *m.* Embryo, *n.* Quellgewebe, *o.* die aus länglichen Zellen bestehenden Reihen von den drei Ecken des Samens ausgehend.

Fig. 31. 32. Querdurchschnitte des Samens von Lonicera Caprifolium. *a.* Endosperm, *b.* Embryo, *c.* Quellgewebe, *d.* Spalt, *e.* Zellen ohne besondere Anordnung und Streckung.

Tafel II.

Fig. 33. Querdurchschnitt des Samens von Lonicera Caprifolium. *a.* Endosperm, *c.* Quellgewebe, *d.* Spalt.

Fig. 34. 35. Längsdurchschnitte des Samens von Lonicera Caprifolium. Bezeichnung wie vorher.

Fig. 36. 37. 38. 39. Querdurchschnitte des Samens von Agrostemma Githago. *a.* Endosperm, *b.* Perisperm, *c.* Embryoaxe, *d.* Cotyledonen, *e.* isodiametrische Zellen, *f.* Samenschale, *g.* Quellgewebe.

Fig. 40. Längsdurchschnitt des Samens von Agrostemma Githago. Bezeichnung wie vorher.

Fig. 41. Querdurchschnitt durch den Samen von Plantago Psyllium. *a.* Endosperm, *b.* Quellgewebe, *c.* Embryo.

Fig. 42. Getüpfelte Zelle aus dem Querdurchschnitt des Samens von Plantago.

Fig. 43. Querdurchschnitt des Samens von Capsicum annuum. *a.* Endosperm, *b.* Embryo, *c.* Quellgewebe.

Fig. 44a. Längsdurchschnitt des Samens von Capsicum annuum. Bezeichnung wie vorher.

Fig. 44b. Querdurchschnitt des Samens von Canna indica. *a.* Embryo mit Saugorgan, *x.* Saugepithel, *c.* Quellgewebe, *d.* Perisperm, *e.* Procambiumstränge, *g.* Spalt.

Fig. 45. Querdurchschnitt das Samens von Canna indica. Bezeichnung wie 44b.

Fig. 46. Längsdurchschnitt des Samens von Canna indica. Bezeichnung wie Fig. 44b.

Fig. 47. Getüpfelte, gestreckte Zellen aus der äusseren Endospermschicht des Samens von Colchicum autumnale.

Fig. 48. Getüpfelte Zellen aus der Mitte des Endosperms von Colchicum.

Fig. 49. Getüpfelte, gestreckte Endospermzellen des Samens von Sabadilla officinalis nach der Mitte zu an Streckung abnehmend.

Fig. 50. Gestreckte Endospermzelle aus der äusseren Schicht des Samens von Scilla maritima.

Fig. 51. Die aus dem Samen von Fagopyrum esculentum herauspräparirten und ausgebreiteten Cotyledonen mit der Axe.

Fig. 52. Längsdurchschnitt durch den oberen Theil des Schildchens von Zea Mais.

Fig. 53. Längsdurchschnitt durch den unteren Theil des Schildchens von Zea Mais.

Fig. 54. Endigung einer Verzweigung des nach oben gehenden Hauptstranges im Schildchen von Zea Mais. *a.* Verzweigung, *b.* Schildchen, *c.* Saugepithel.

Fig. 55. Querdurchschnitt durch eine Verzweigung des oberen Hauptstranges im Schildchen von Zea Mais. *a.* Phloem, *b.* Xylem.

Fig. 56. Querdurchschnitt des Samens von Foeniculum officinale. Der Uebergang der gestreckten Endospermzellen zu dem helleren theils collabirten lockeren Gewebe zeigend, welches an den Embryo *a* grenzt.

Fig. 57. *a.* Gestreckte Endospermzellen des Samens von Foeniculum officinale, *b.* über dem Spalt befindliche isodiametrische Zellen.

Vorliegende Arbeit wurde auf Veranlassung des Herrn Privatdocenten Dr. Tschirch im pflanzenphysiologischen Institut der Königlichen landwirthschaftlichen Hochschule zu Berlin ausgeführt.

Indem ich meinem hochverehrten Lehrer Herrn Dr. Tschirch für die liebenswürdige Unterstützung, welche mir derselbe bei meinen Untersuchungen zu Theil werden liess, meinen verbindlichsten Dank ausspreche, ist es mir gleichzeitig eine angenehme Pflicht, dem hochverehrten Leiter des Instituts, Herrn Professor Dr. Frank, welcher mit stetem Interesse dem Gange meiner Untersuchungen folgte, an dieser Stelle lebhaften Dank auszudrücken.

Berlin, November 1889. **Wilhelm Hirsch.**